

Intégration des prévisions d'ensemble COSMO-DE-EPS dans le système d'avertissement aux crues soudaines AIGA

Julie Demargne¹, Pierre Javelle², Didier Organde¹,
Céline de Saint-Aubin³ & Nicolas Jurdy⁴

1. HYDRIS Hydrologie

2. Irstea Aix-en-Provence

3. SCHAPI (Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations)

4. DREAL Lorraine, Service de Prévision de Crue

Journées LARSIM , 19-20 mars 2015, Strasbourg

Challenges pour les alertes crues soudaines

- Événements très localisés, peu d'anticipation (quelques km², rapide montée des eaux)
- Peu d'observations
 - Petits bassins non jaugés
 - Données haute-résolution récentes (radar)
 - Dégâts post-crue
- Modèles
 - Echelle compatible
 - Nouvelles prévisions
 - Fortes incertitudes (météo et hydro)
 - Evaluation en non jaugé



Prise en compte des incertitudes du système d'avertissement ALGA

Prévisions d'ensemble de pluie

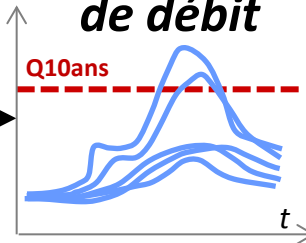
Pluie observée radar / pluvio

Modèle hydrologique distribué

Conditions initiales

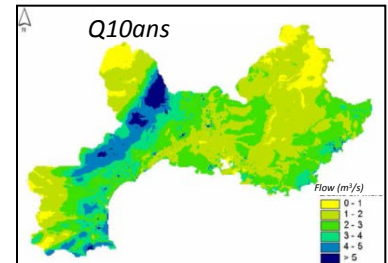
Paramètres hydrologiques

Prévisions d'ensemble de débit



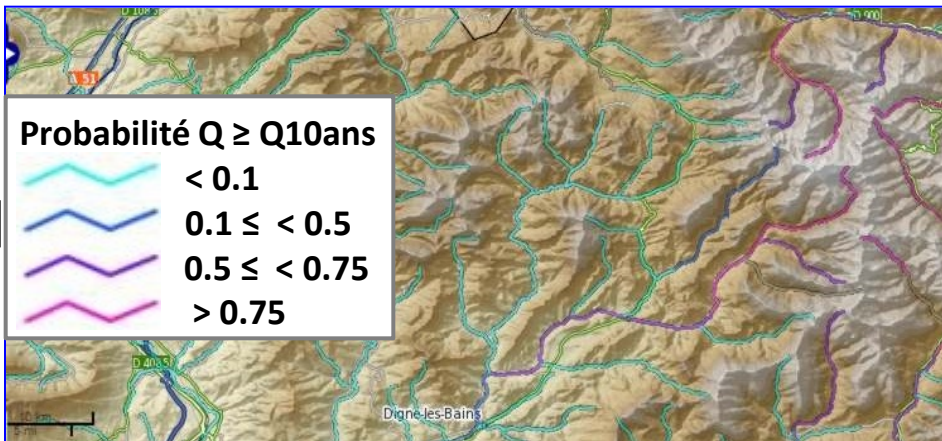
Comparison

Quantiles de crue
(Q2ans, Q10ans, Q50ans)



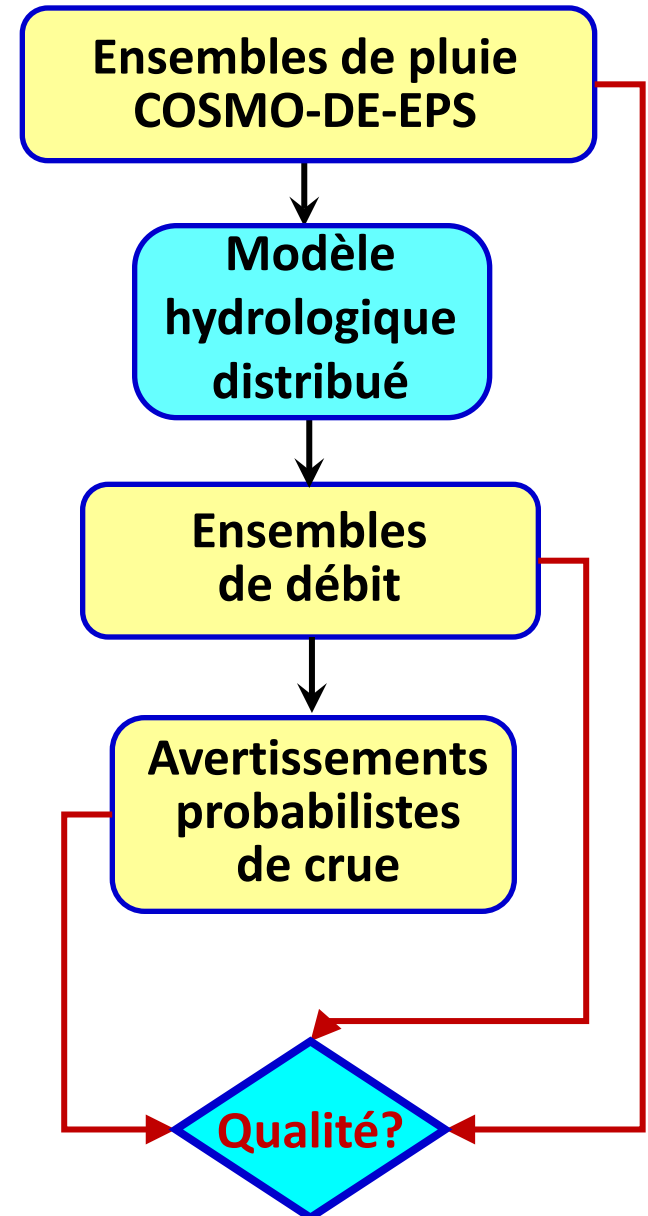
Dépassement probabiliste pour 1 quantile de crue

Carte d'avertissement probabiliste
(confiance du prévisionniste, tolérance de l'utilisateur)



Objectifs de l'étude

- Intégrer **prévisions d'ensemble de pluie à fine résolution**
 - **Ensembles COSMO-DE-EPS**
(modélisation des convections)
- Evaluer la **qualité des avertissements et des prévisions d'ensemble**
 - **Comparaison avec**
 - ✓ **AIGA actuel** (sans pluie future)
 - ✓ **prévisions de référence**
(Qpersistance issu de pluie persistante)



Plan de la présentation

- **Modélisation et données**

- Ensembles COSMO-DE-EPS
- Modélisation
- Choix bassins et événements

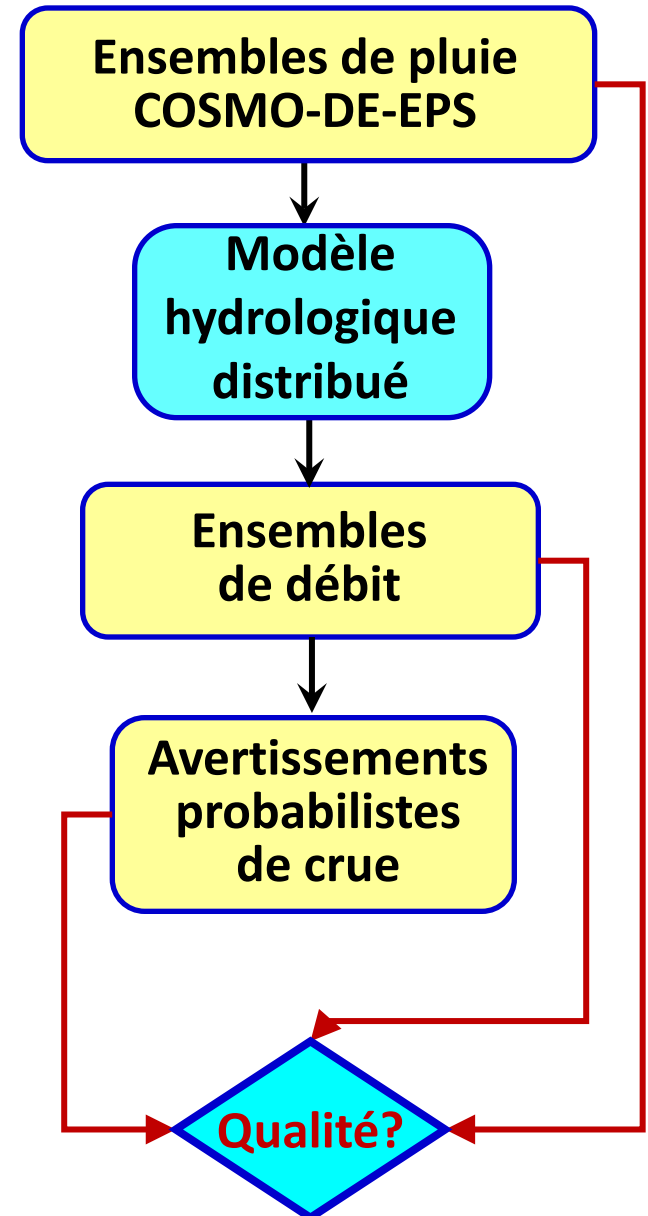
- **Méthodologie**

- Prévisions d'ensembles
- Evaluation des ensembles
- Evaluation des alertes

- **Résultats**

- Qualité des ensembles
- Qualité des alertes

- **Conclusions et perspectives**



Modélisation et données : prévisions de pluie COSMO-DE-EPS

- **Prévisions d'ensemble :**

- système déterministe COSMO-DE
- résolution 2.8km
- 20 ensembles
- échéance 0-21 heures
- 8 x / jour (00, 03, 06 UTC...)
- opérationnel depuis 05/2012, archive depuis 12/2010

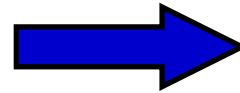


- **Projet Météo-France/UKMet/DWD (pour l'aviation) :** cohérence et complémentarité des 3 *systemes de prévisions d'ensemble* à fine échelle COSMO-DE-EPS, AROME-PE et MOGREPS-UK

Modélisation et données : prévisions de pluie COSMO-DE-EPS

Système déterministe COSMO-DE

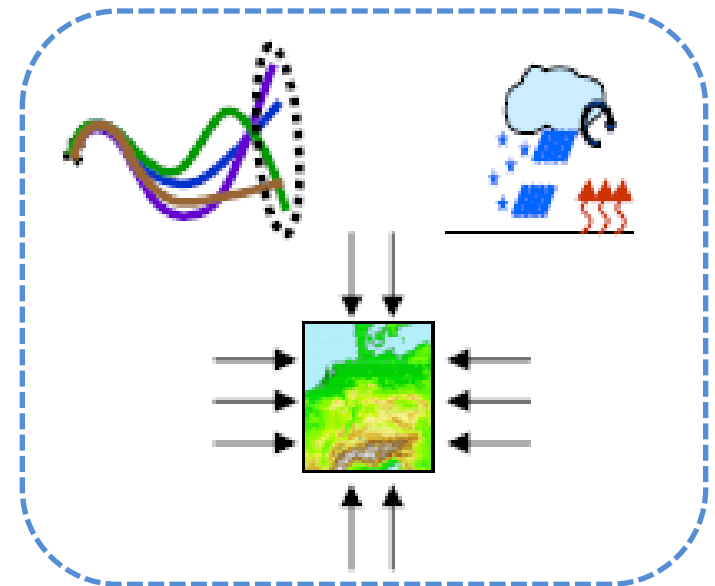
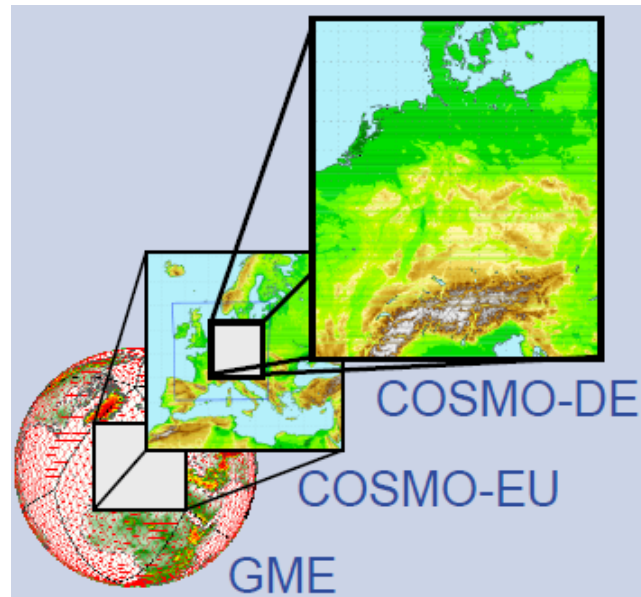
- résolution 2.8km
- modélisation des convections
- assimilation des données radar



Système ensembliste COSMO-DE-EPS

Incertitudes issues de :

- conditions initiales
- conditions aux limites
- paramétrisation physique de COSMO-DE

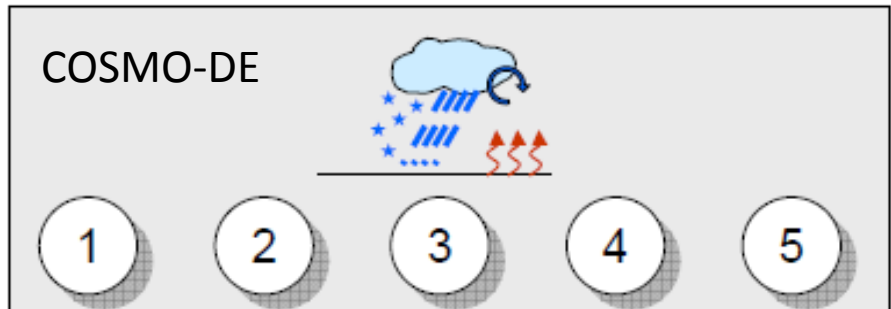
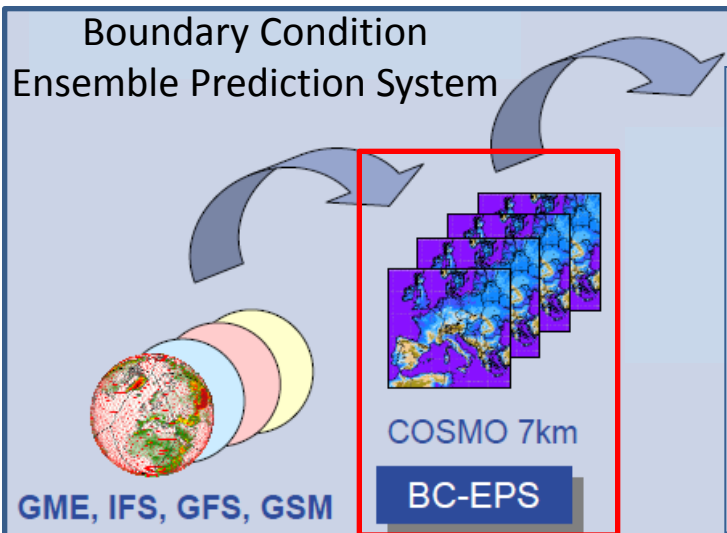


Modélisation et données : prévisions de pluie COSMO-DE-EPS

Système ensembliste COSMO-DE-EPS

5 jeux de paramètres physiques

4 modèles atmosphériques globaux



	entr_sc=0.002	q_crit=4.0	rlam_heat=0.1	rlam_heat=10.	tur_len=500. lhn_coef=0.5
IFS	0 1 0.2	- 2 0.7	+ 3 0.2	0 4 0.4	- 5 0.7
GME	+ 6 0.2	0 7 0.7	- 8 0.2	+ 9 0.4	0 10 0.7
GFS	- 11 0.2	+ 12 0.7	0 13 0.2	- 14 0.4	+ 15 0.7
GSM	0 16 0.2	- 17 0.7	+ 18 0.2	0 19 0.4	- 20 0.7

Theis et al. (2014)

tkhmin und tkmmmin = 0.2 / 0.4 / 0.7

soil moisture: no change (o) / anomaly + / anomaly -

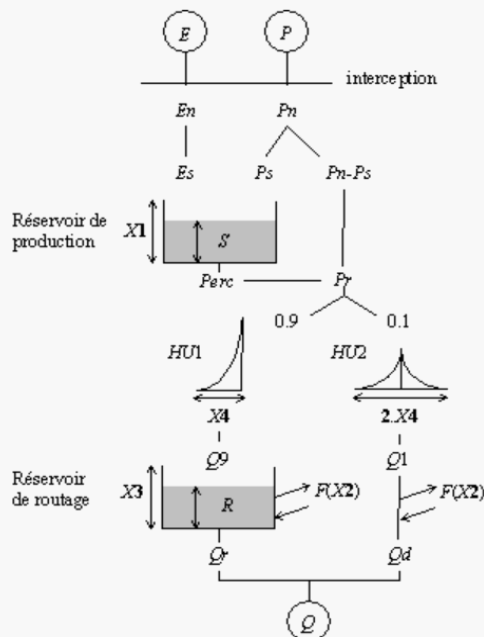
20 ensembles de pluie équiprobables

Modélisation et données :

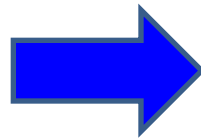
modélisation pluie-débit pour AIGA national

- Couplage **modèle continu journalier GR4J** et **modèle horaire semi-distribué GR-SD**

Modèle continu journalier GR4J



Conditions
initiales

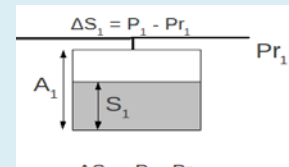


Modèle horaire semi-distribué GR-SD

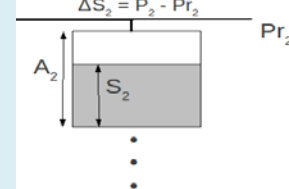
$\Delta x = 1 \text{ km}$
 $\Delta t = 1 \text{ hr}$

Production distribuée
(1 réservoir par pixel)

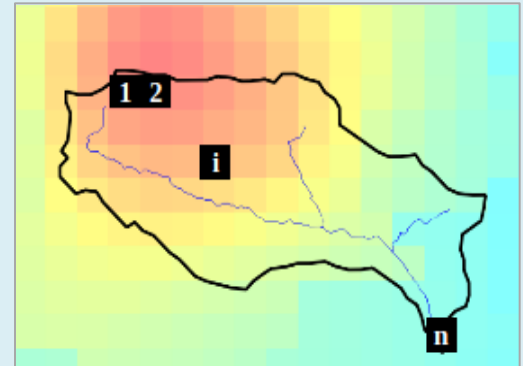
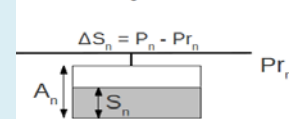
Pixel 1



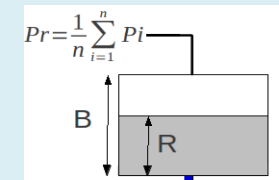
Pixel 2



Pixel n



Transfert global
(1 réservoir par bassin)



Q (hr)

Modélisation et données : modélisation pluie-débit pour AIGA national

- **Calibration et régionalisation** des modèles hydrologiques

sélection France de 719 bassins jaugés (surface < 1000 km²)

calibration et régionalisation (jack-knife)

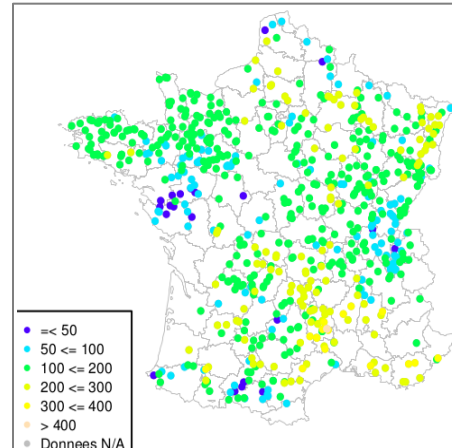
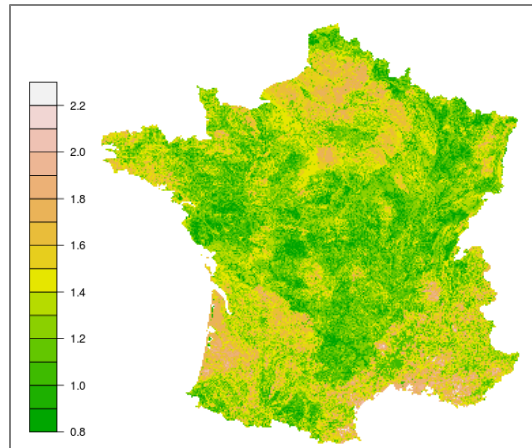
➤ *réanalyse radar sur 2002-2006*

optimisation de la régionalisation

➤ *observations temps réel sur 2009-2012*



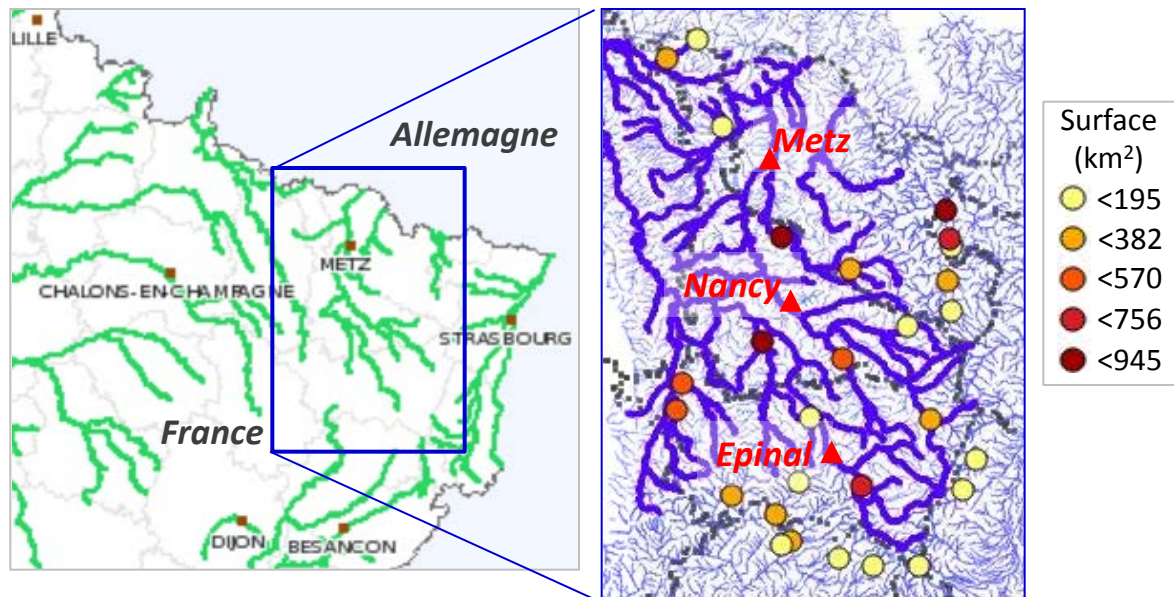
Paramètre production
(grille 1km)



Paramètre transfert
(par bassin)

Modélisation et données : bassins et événements

- **29 bassins jaugés** (de 8 km² à 944 km², médiane 225 km²)
 - **7 événements** de 12/2010 à 12/2012
- => **Echantillon réduit**



Nombres de dépassements observés et simulés

Eve	Dates	Qobs>Q2ans	Qsim>Q2ans	Qobs>Q10ans	Qsim>Q10ans
1	2010/12/05 - 09	16	11	3	4
2	2011/01/01 - 09	5	0	2	0
3	2011/08/04 - 07	0	0	0	0
4	2011/12/01 - 18	19	23	6	12
5	2012/01/01 - 06	10	3	0	0
6	2012/10/03 - 15	0	0	0	0
7	2012/12/22 - 28	3	2	0	0
Total		53	39	11	16

=> *Modèle hydrologique tend à sous-estimer Q>Q2ans*

Plan de la présentation

- **Modélisation et données**

- Ensembles COSMO-DE-EPS
- Modélisation
- Choix bassins et événements

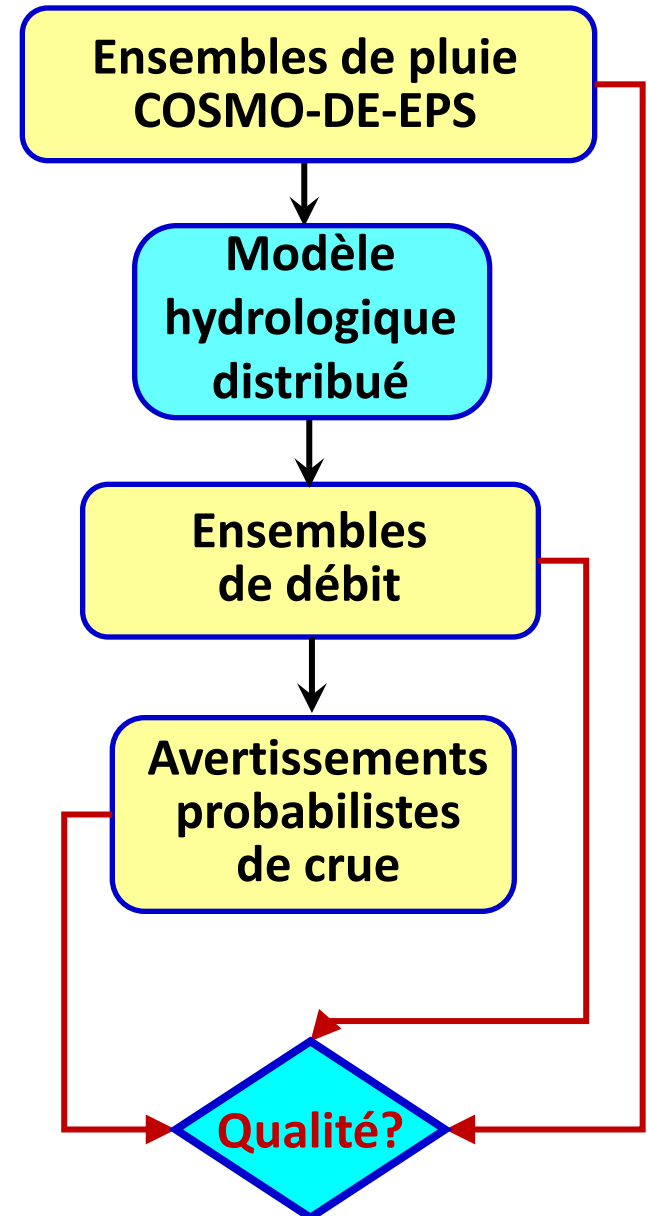
- **Méthodologie**

- Prévisions d'ensembles
- Evaluation des ensembles
- Evaluation des alertes

- **Résultats**

- Qualité des ensembles
- Qualité des alertes

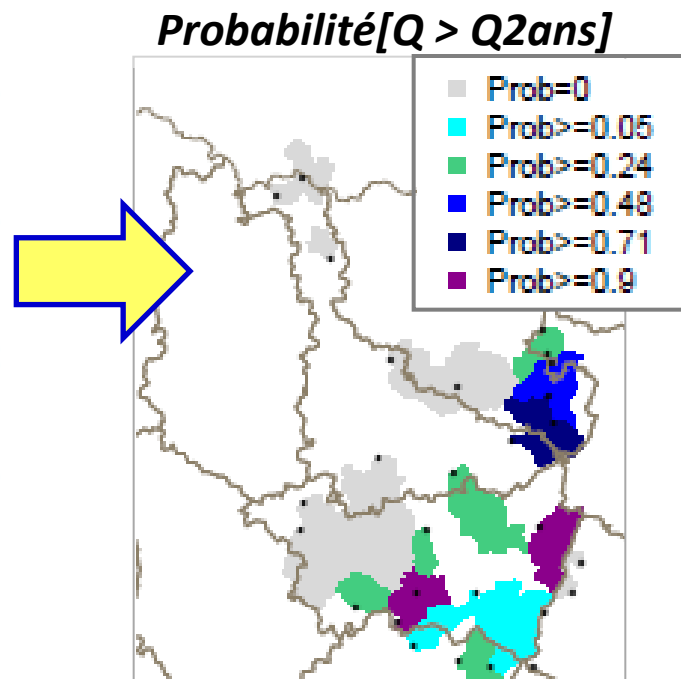
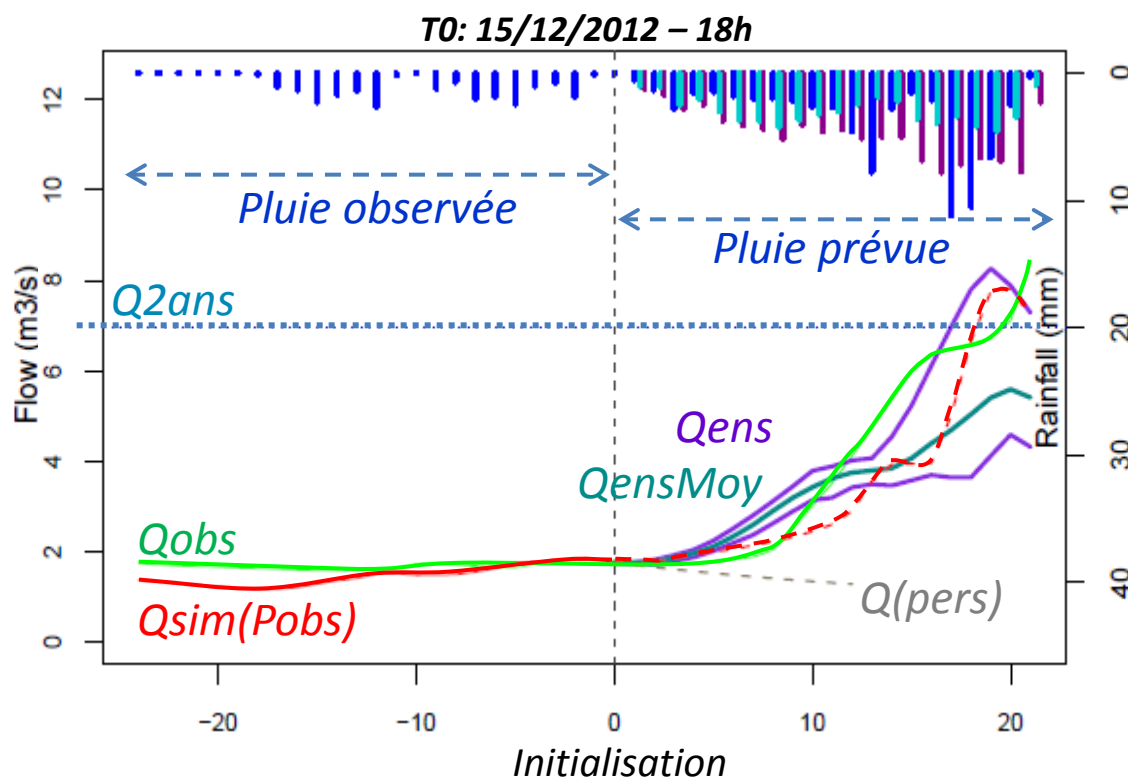
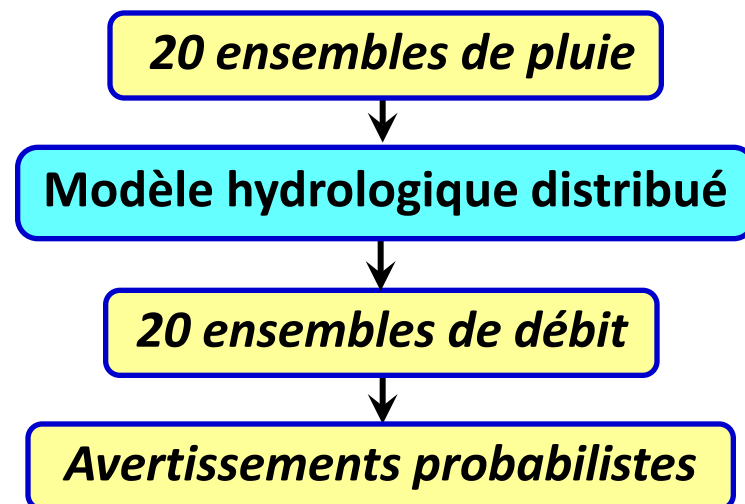
- **Conclusions et perspectives**



Méthodologie : propagation de l'incertitude

- 20 ensembles équiprobables
 - Loi de probabilité empirique :

$$\text{Proba} = 1 / [\text{nbens} + 1]$$
- Comparaison avec quantiles de crue



Méthodologie : évaluation des alertes

- Evaluation pour 1 seuil avec les **scores de contingence** en prenant en compte **l'anticipation** des dépassements prévus

$Q > \text{seuil}$		Observé	
		Oui	Non
Prévu	Oui	Succès (Hit)	Fausse alerte (False Alarm)
	Non	Manqué (Miss)	Rejet correct (Correct negatif)

- **Biais en fréquence** (*Frequency Bias*) $FB = (H+FA)/(H+M)$
- **Taux de bonne détection** (*Probability of Detection, conditionné sur obs.*)
 $POD = H/(H+M)$
- **Taux d'alerte correcte** (*Success Ratio, conditionné sur alertes prévues*)
pour mesurer la *fiabilité* des prévisions $SR = H/(H+FA)$
- **Critical Success Index** (*incluant alertes manquées et fausses alertes*)
 $CSI = H/(H+FA+M)$

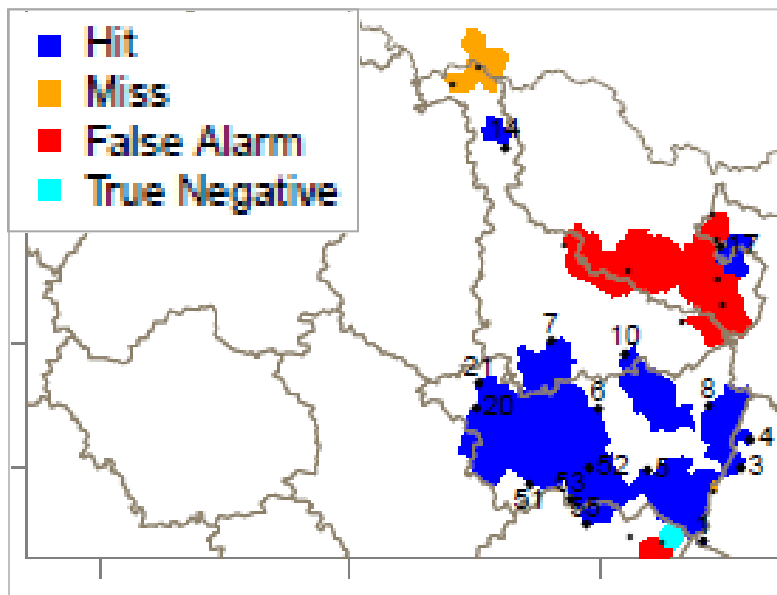
Méthodologie : évaluation des alertes

- Cartes de contingence et cartes de gain en anticipation pour 1 seuil et pour 1 niveau de probabilité

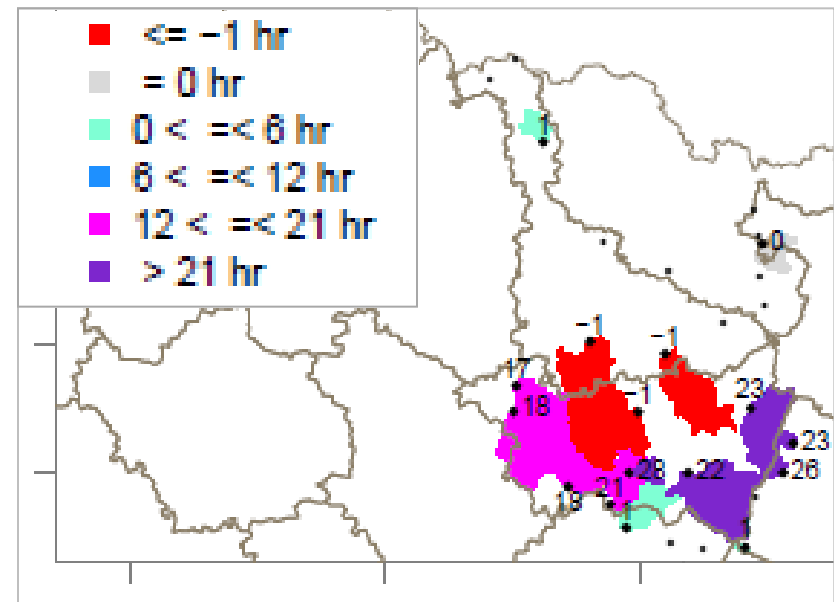
Gain anticipation = Anticipation(prévision) – Anticipation(ALGA actuel)

Exemple de décembre 2011 , $\text{Proba}[Q > Q_{2\text{ans}}] = 71\%$

Contingence



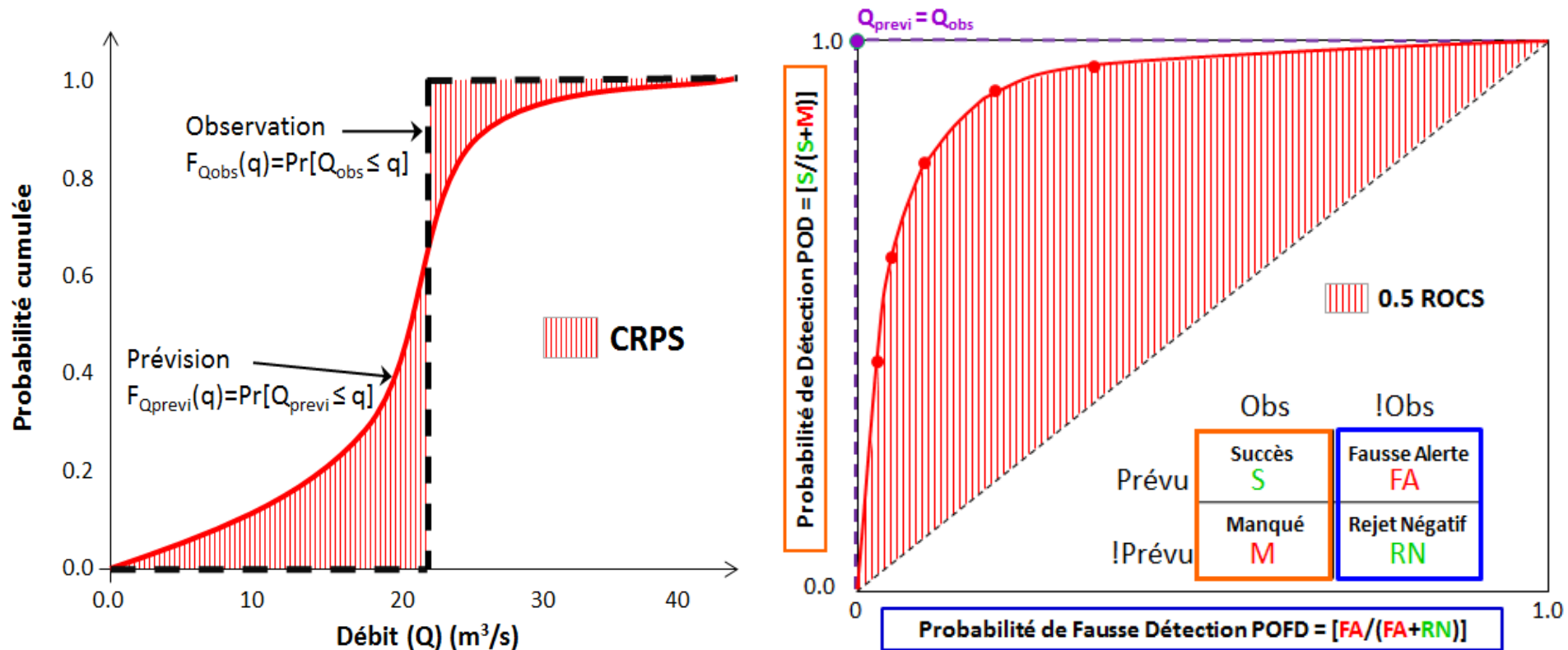
Gain en anticipation



Info *spatialisée* sur la qualité des avertissements pour les *bassins jaugés*
 => potentiel *support* pour les avertissements sur les *bassins non jaugés voisins*

Méthodologie : évaluation des ensembles

- Sélection de critères de qualité
 - **biais** (Relative Mean Error) et **corrélation** (Correlation Coefficient) pour l'ensemble moyen
 - **skill score sur erreur en probabilité** : Continuous Rank Probability Score (CRPS \approx Mean Absolute Error pour prévision déterministe)
 - **score de discrimination** du dépassement d'un seuil : ROC Score



Méthodologie : évaluation des ensembles

1) Prévisions de pluie et de débit

- **agrégation** de 1hr à 21hr : cumul de pluie de bassin, débit max
- comparaison avec **Qpersistance** (dernière Pobs maintenue sur +12hr)

2) Caractéristiques

- boîtes à moustache des erreurs des ensembles
- **moyennes** des scores par bassin
- analyse pour **+ fortes observations** : $Q_{obs.} > Q_{75\%}$ et $Q_{90\%}$
- vérification Qens avec
 - Q_{obs} (mesure des erreurs hydro et météo)
 - Q_{sim} (mesure des erreurs météo)
- outil **Ensemble Verification System (EVS)**
(www.nws.noaa.gov/oh/evs.html)

Plan de la présentation

- **Modélisation et données**

- Ensembles COSMO-DE-EPS
- Modélisation
- Choix bassins et événements

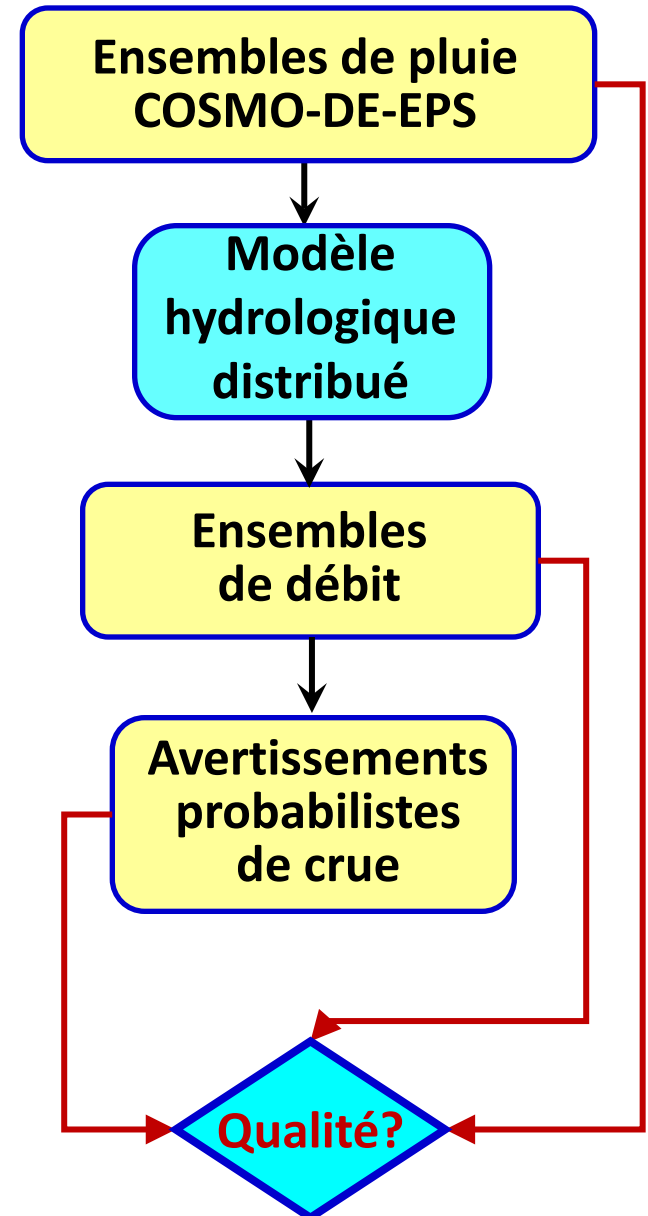
- **Méthodologie**

- Prévisions d'ensembles
- Evaluation des ensembles
- Evaluation des alertes

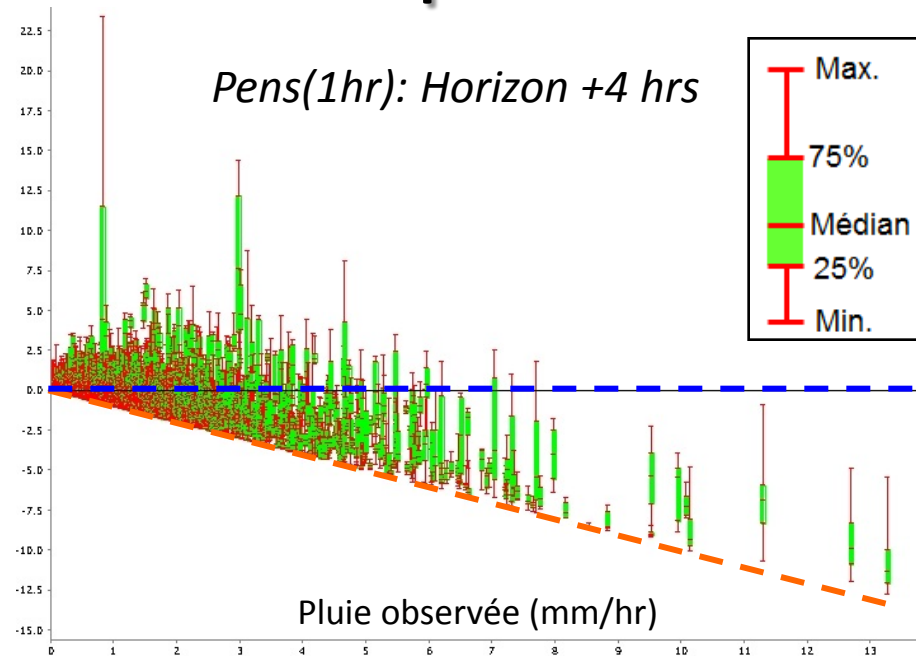
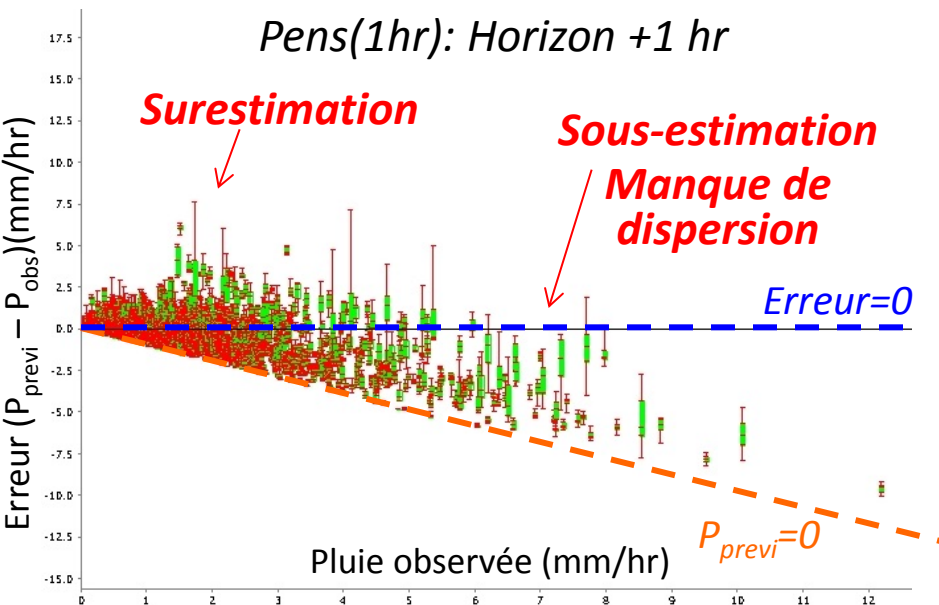
- **Résultats**

- Qualité des ensembles
- Qualité des alertes

- **Conclusions et perspectives**



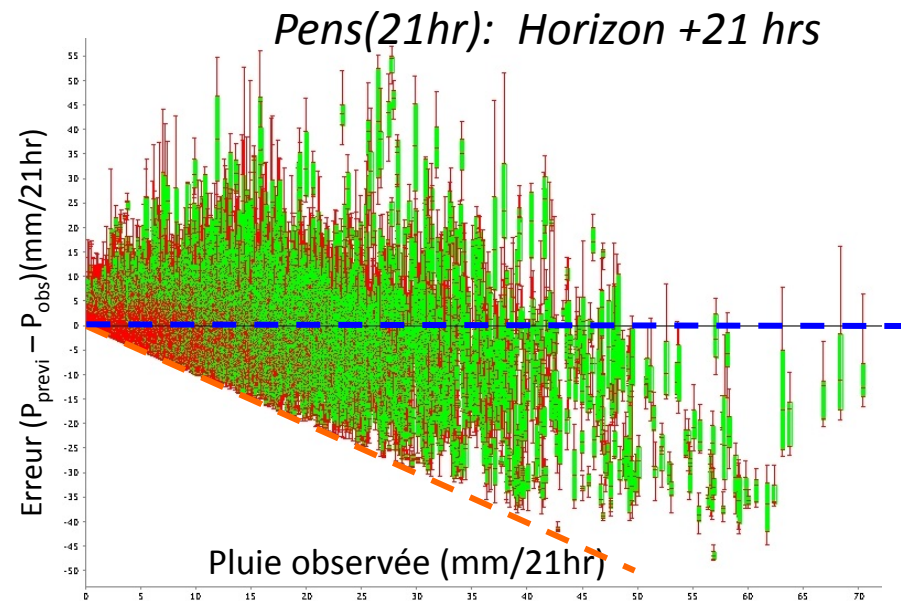
Résultats: ensembles de pluie



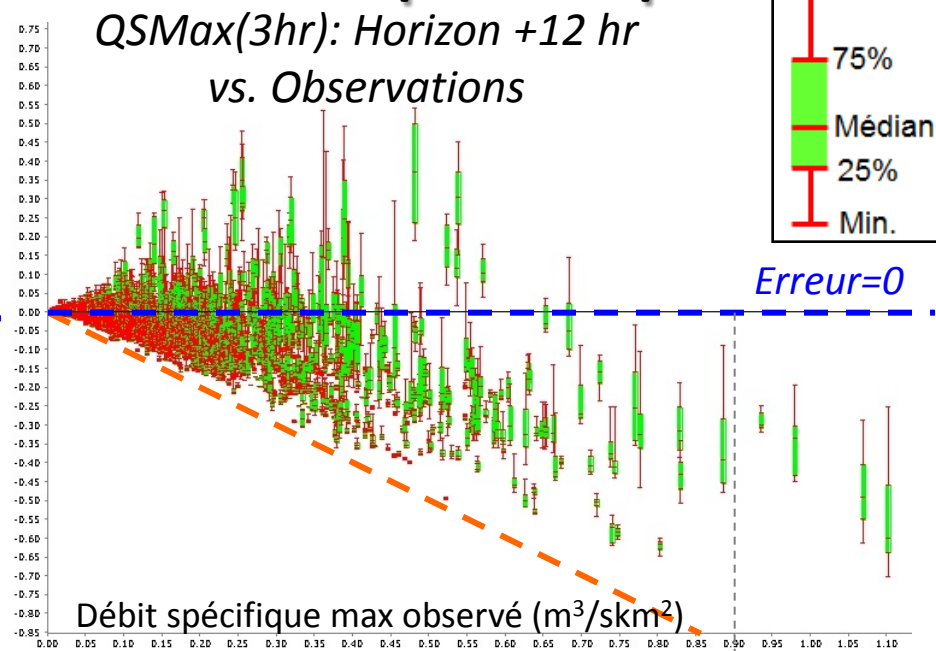
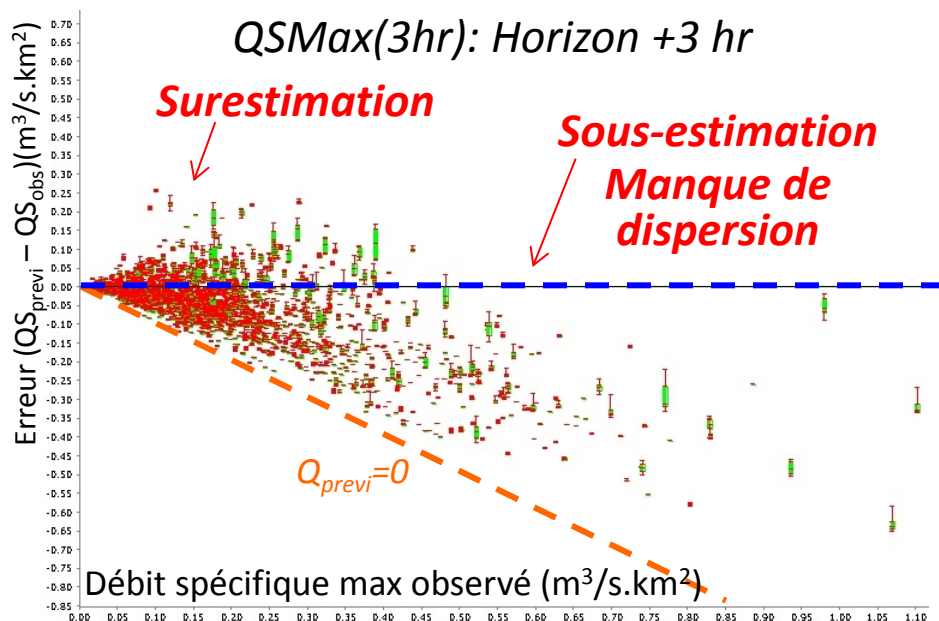
Manque de dispersion pour
courte échéance

Biais conditionnel:

- surestimation valeurs faibles,
- sous-estimation valeurs fortes



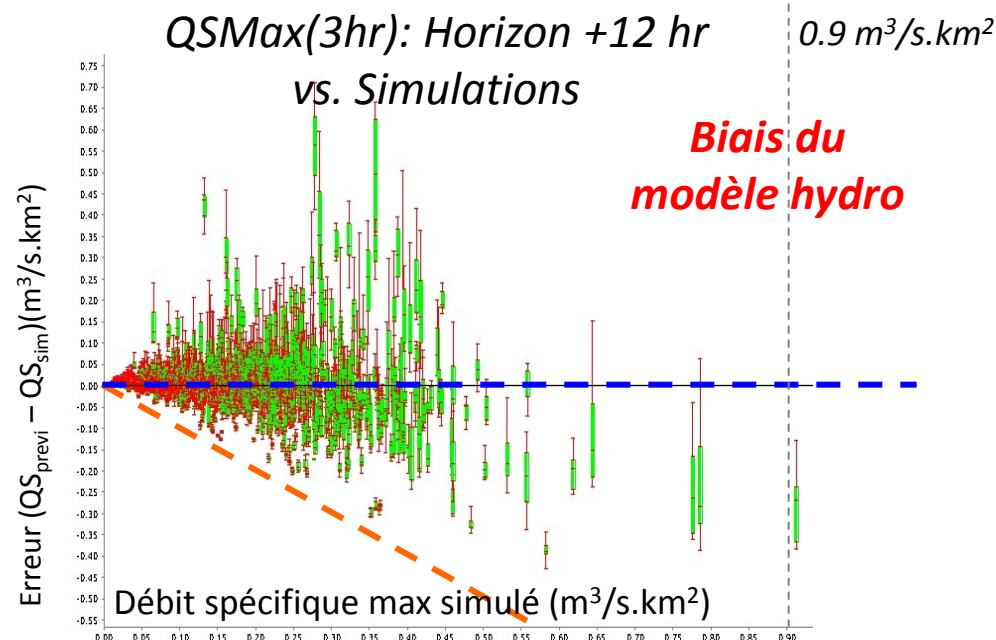
Résultats: ensembles de débit spécifique



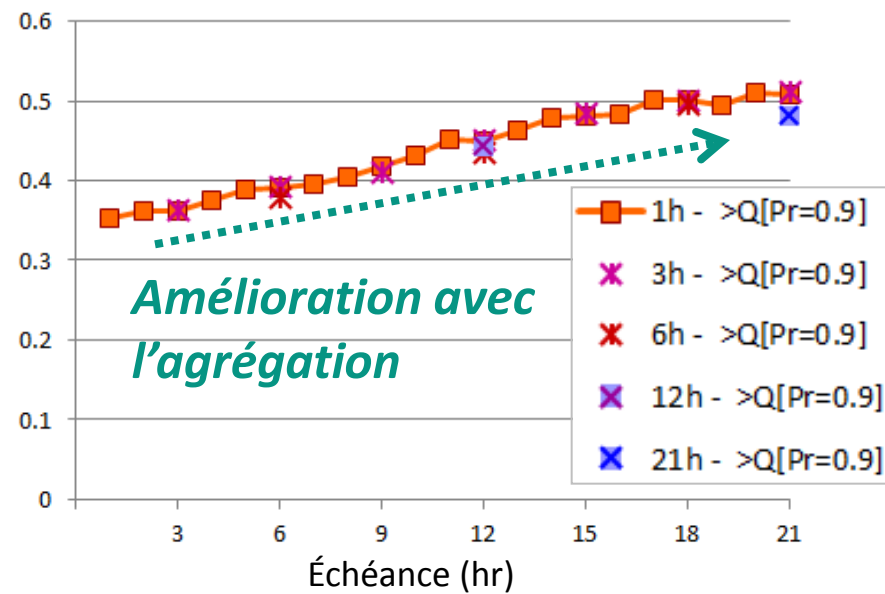
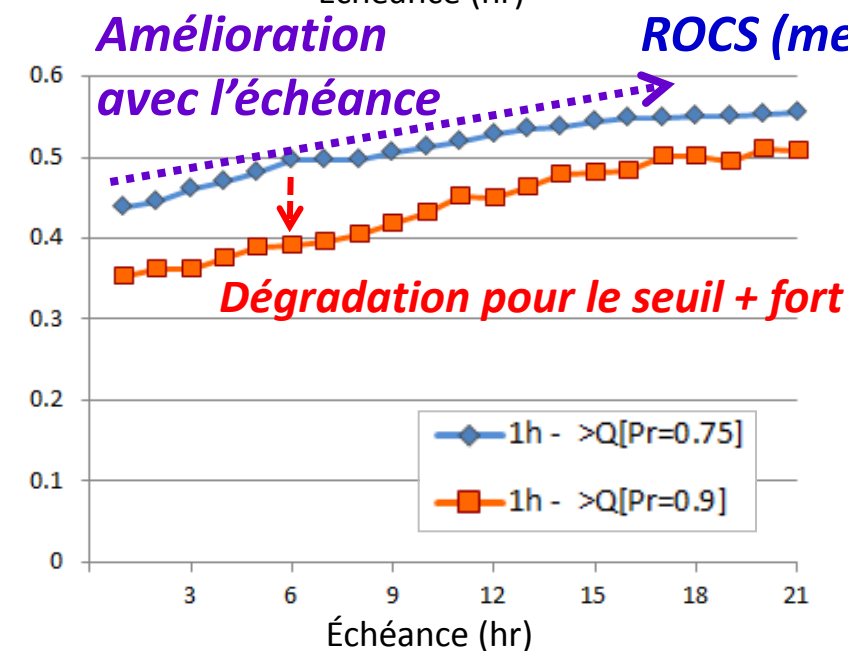
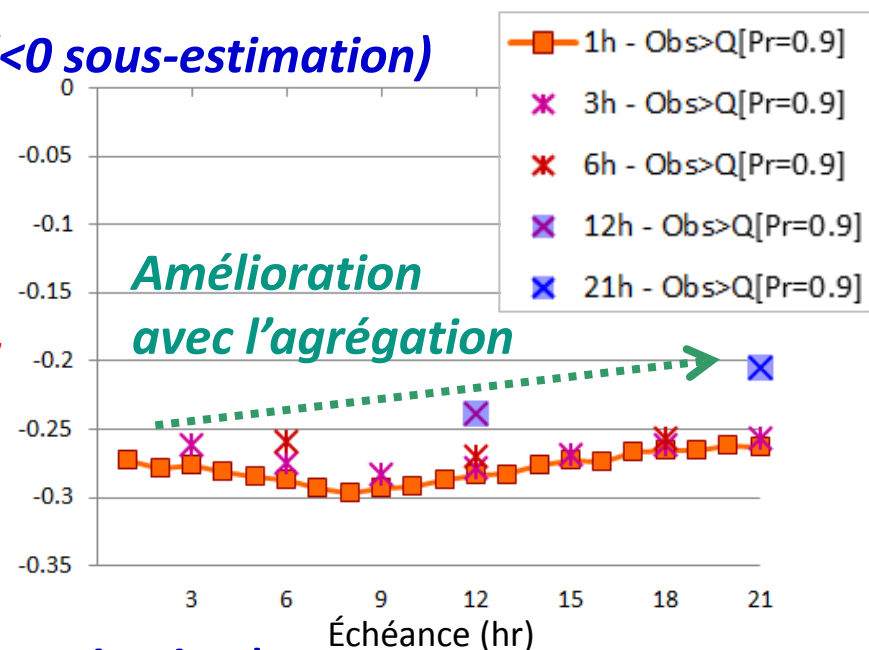
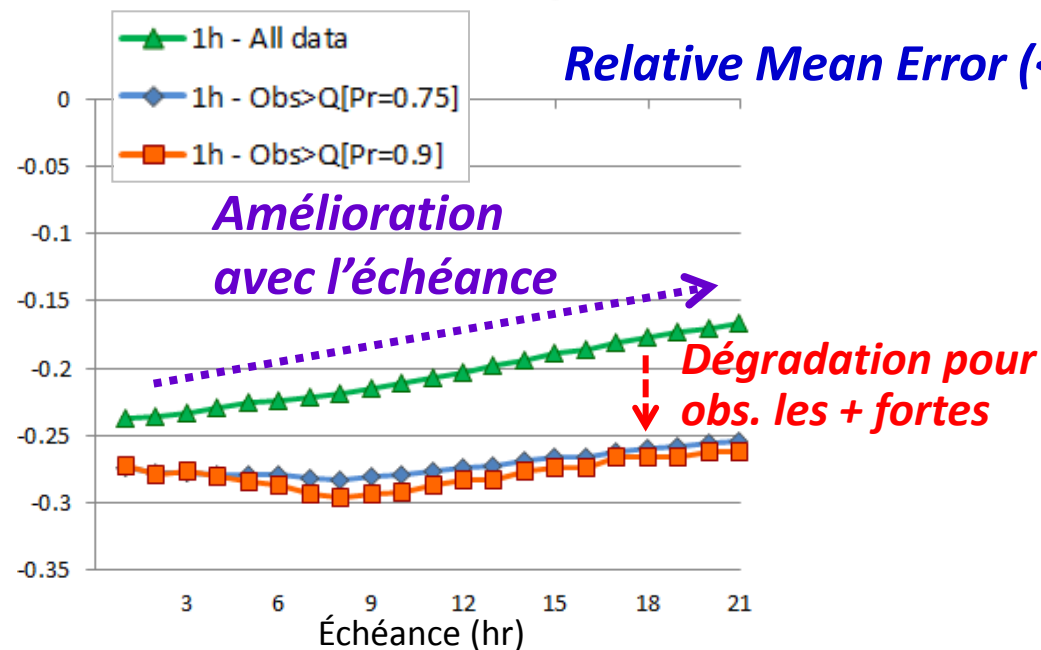
Manque de dispersion pour courte échéance

Biais conditionnel:

- surestimation valeurs faibles,
- sous-estimation valeurs fortes



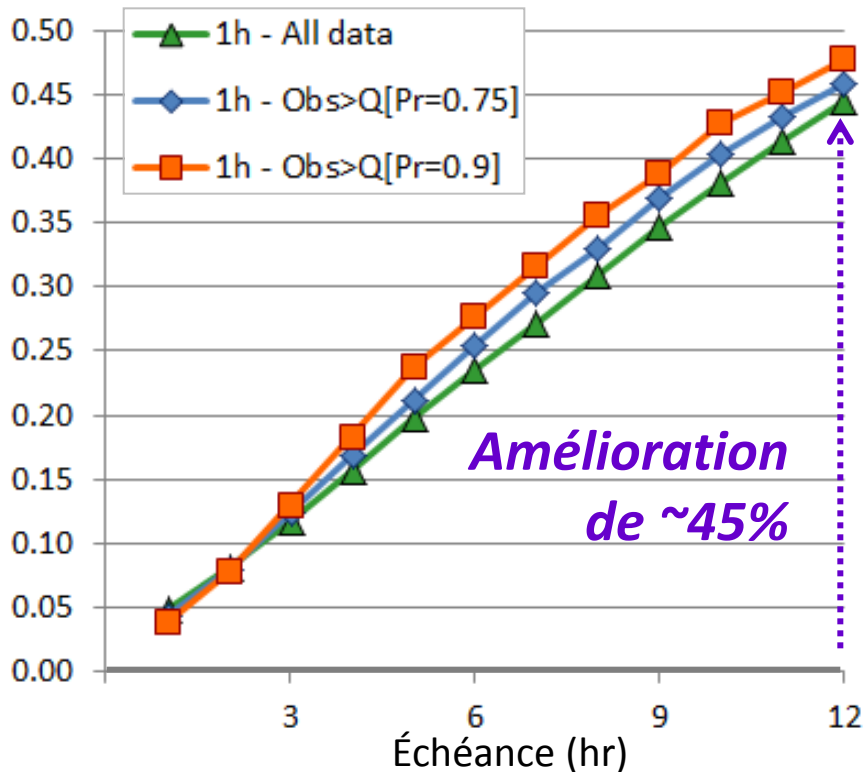
Résultats : impacts de l'échéance et l'agrégation



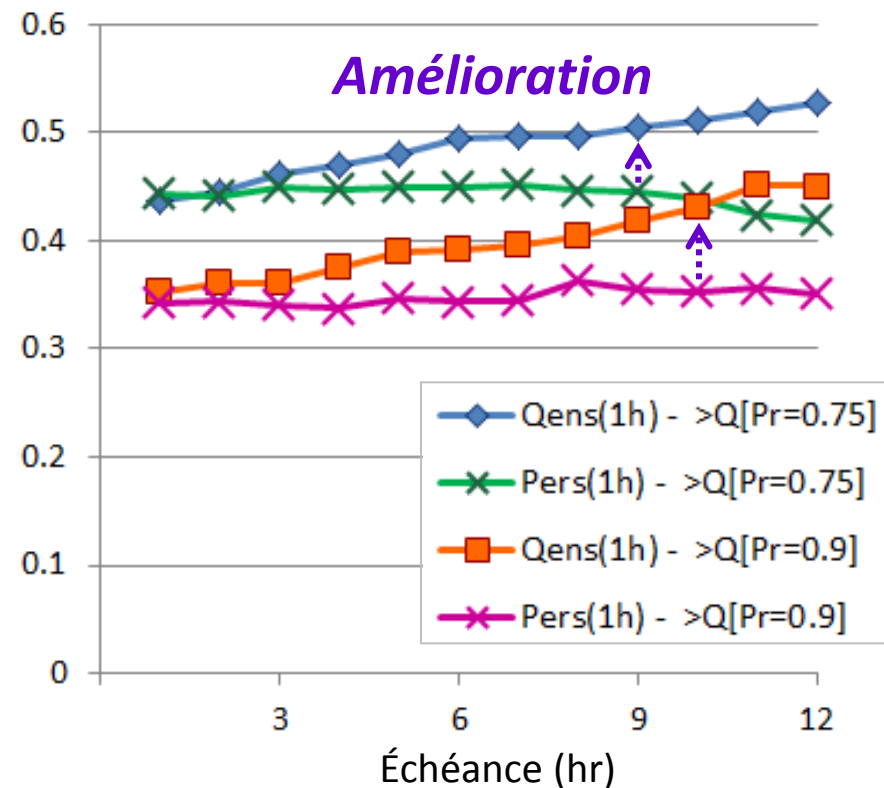
Résultats : comparaison avec persistance

Comparaison des scores avec Qpersistance (débit issu de la dernière pluie observée maintenue sur +12hr)

CRPSS (ref: Qpersistance) (>0 : gain en CRPS)



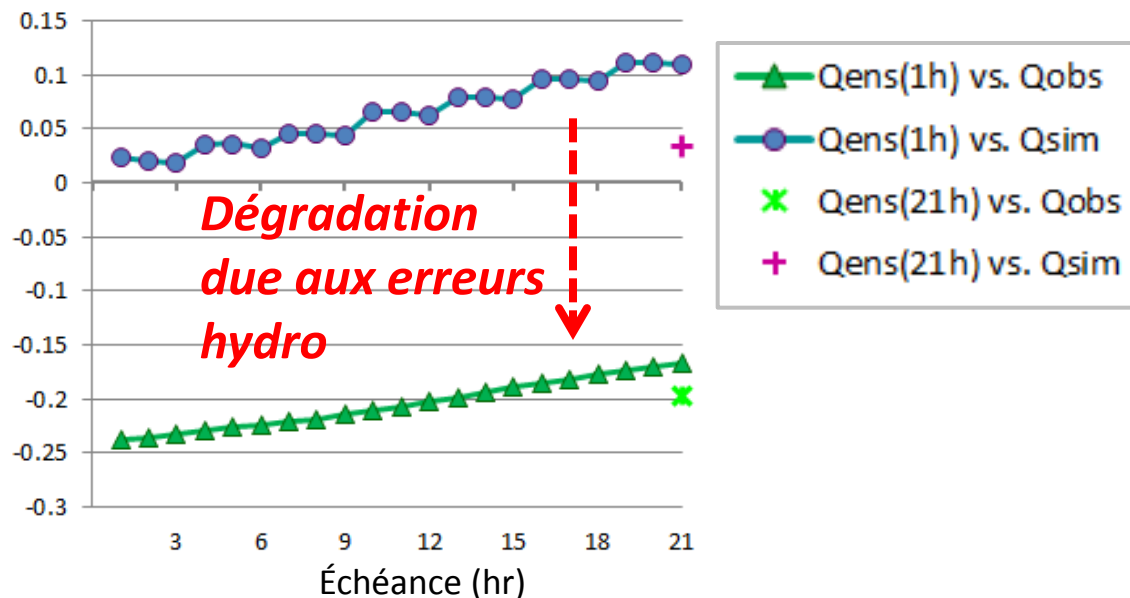
ROCS (meilleur si proche de 1)



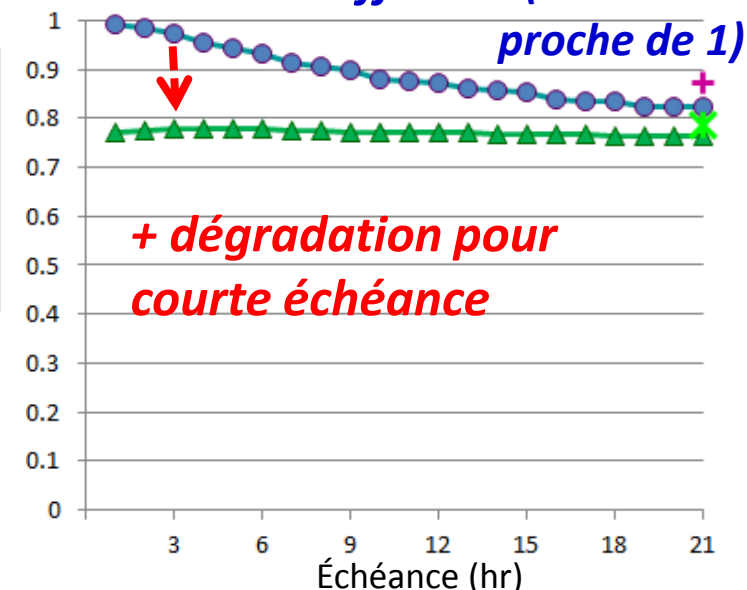
Gain significatif sur +12 heures pour les 2 seuils

Résultats : impact des erreurs hydrologiques

Relative Mean Error (<0 sous-estimation)



Correlation Coefficient (meilleur si proche de 1)

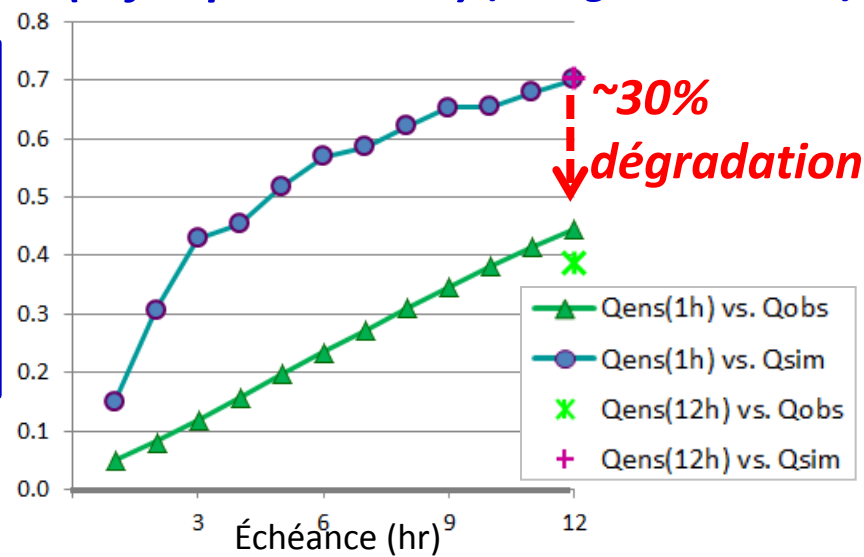


Comparaison des scores en vérifiant avec

- Qobs (mesure erreurs hydro et météo)
- Qsim (mesure erreurs météo)

Forte dégradation due aux erreurs hydro

CRPSS (ref: Qpersistance) (>0 : gain en CRPS)



Résultats: évaluation des alertes

- Critères de contingence** (en considérant l'anticipation)
pour seuil Q2ans

Biais en fréquence $FB = (H+FA)/(H+M)$

Taux de bonne détection (conditionné sur obs.): $POD = H/(H+M)$

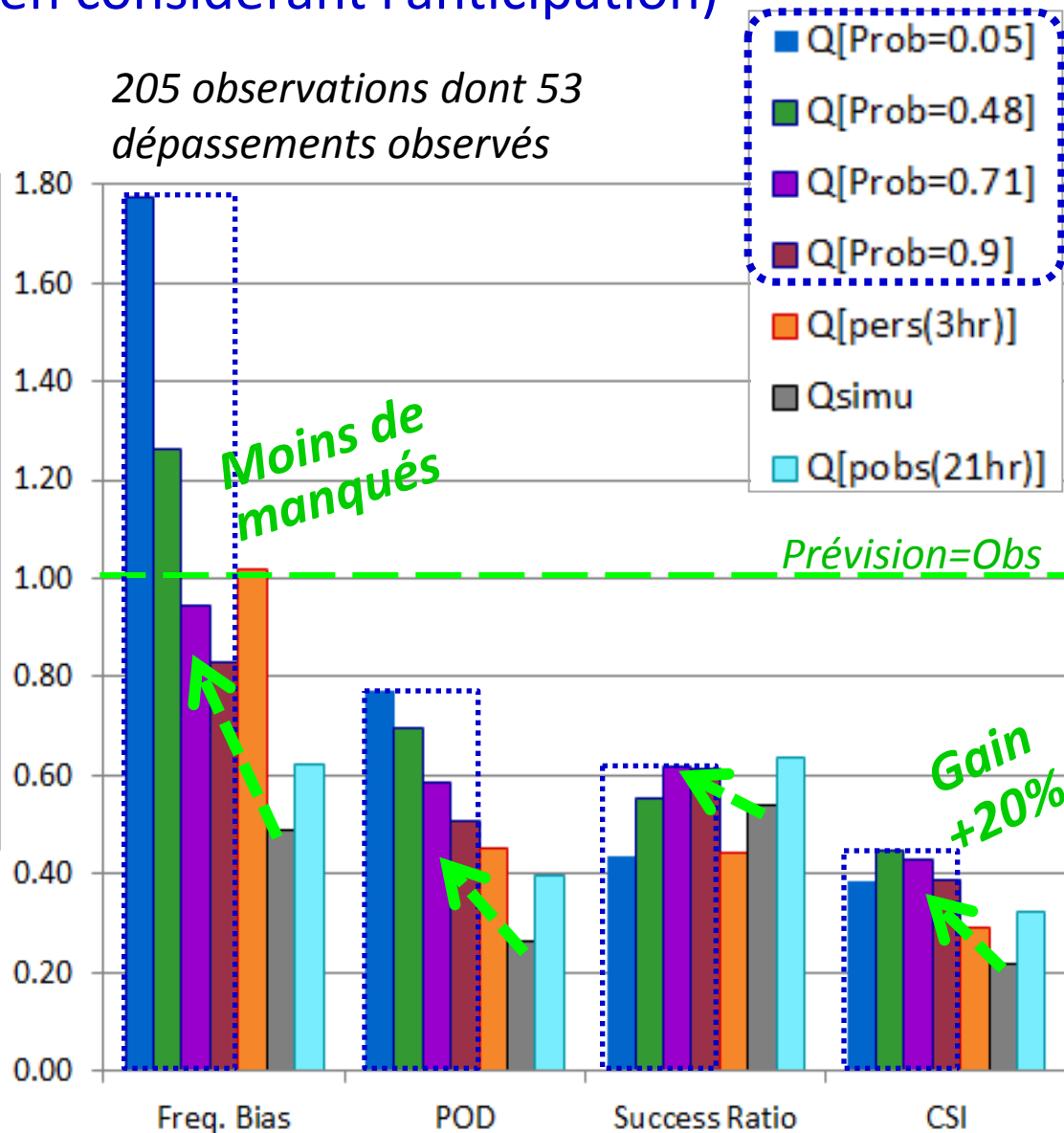
Taux d'alerte correcte (conditionné sur alertes prévues) $SR = H/(H+FA)$

Critical Success Index (incluant alertes manquées et fausses alertes)
 $CSI = H/(H+FA+M)$

H: nb Hits (avec anticipation ≥ 0)

FA: nb False Alarms M: nb Misses

Gain sur tous les critères
avec Proba ≥ 0.48 par
rapport à AIGA actuel

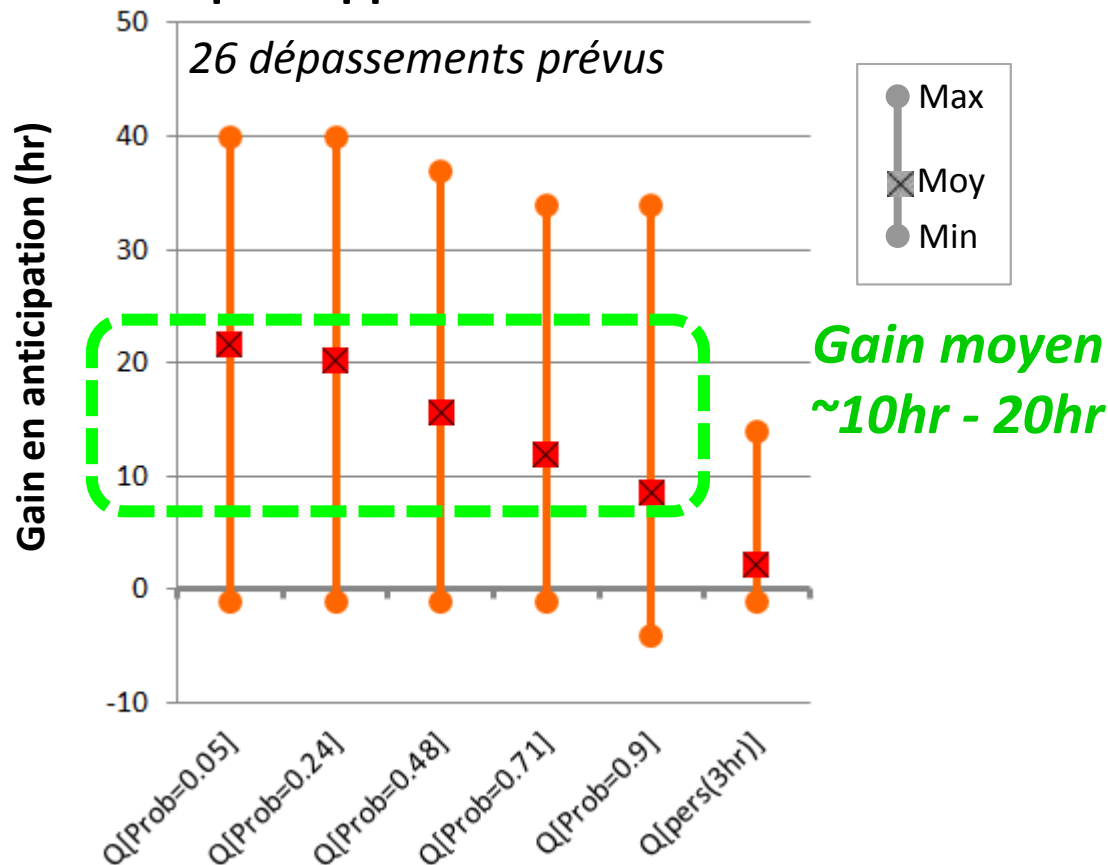


Résultats: anticipation des alertes

- Comparaison des gains moyens, max. et min. en anticipation par rapport à ALGA actuel et Qpersistance(3hr) pour seuil Q2ans

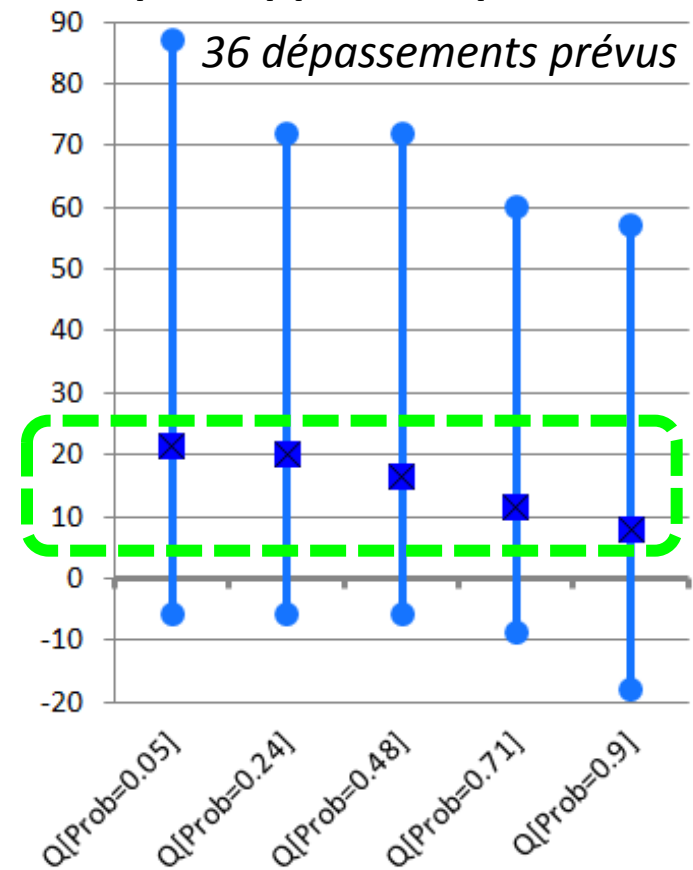
Gain par rapport à ALGA actuel

26 dépassements prévus



Gain par rapport à Qpersistance

36 dépassements prévus



Gains significatifs en anticipation pour tous les niveaux de probabilité

Conclusions et perspectives

Améliorations significatives d'AlGA avec prévisions COSMO-DE-EPS

- **Meilleure prise en compte des incertitudes**
 - **Autres prévisions de pluie** (*prévisions immédiates nowcasts* et *ensembles* du modèle AROME de Météo-France)
 - **Autres incertitudes** (pluies radar, modèle hydro, quantiles de crue)
- **Améliorations du modèle hydrologique**
 - **Assimilation des débits observés** pour bassins voisins jaugés
 - **Modèle infra-horaire**, 1 seul modèle continu, neige



Challenges

- ✓ **Prévisions et observations de pluie** : longues archives, fine résolution
- ✓ **Dégâts post-crue** : archives pour évaluer le système en non-jaugé et prendre en compte la vulnérabilité
- ✓ **Formation et collaboration avec prévisionnistes et utilisateurs** pour une meilleure utilisation des prévisions probabilistes

Contact: julie.demargne@hydris-hydrologie.fr

pierre.javelle@irstea.fr

Celine.deSAINT-AUBIN@developpement-durable.gouv.fr

