

Une hydrologie statistique non stationnaire

M. LANG, B. RENARD, E. SAUQUET

*Unité de Recherche Hydrologie-Hydraulique
Cemagref Lyon*

► Introduction

- Perception d'une recrudescence des catastrophes liées aux évènements extrêmes... en lien avec le changement climatique ?
- Les projections :
 - *Il est très probable que les chaleurs extrêmes, les vagues de chaleur, et les événements de fortes précipitations continueront à devenir plus fréquents (GIEC, 2007)*
- Deux approches complémentaires à engagées :
 - Un regard sur le passé : existe-t-il **déjà** des signes dans les séries hydrométriques en terme d'évolution récente des extrêmes ?
 - Une projection dans le futur : comment évaluer le risque dans un contexte non stationnaire ?
- Quelles conséquences des évolutions du climat sur les extrêmes ?
Difficiles à évaluer car :
 - Très forte variabilité naturelle, surtout dans le domaine extrême
 - Les changements peuvent avoir des effets antagonistes
 - Discordance des échelles spatiales et temporelles utilisées par les modèles climatiques et les modèles hydrologiques

► Aspects méthodologiques (1/3)

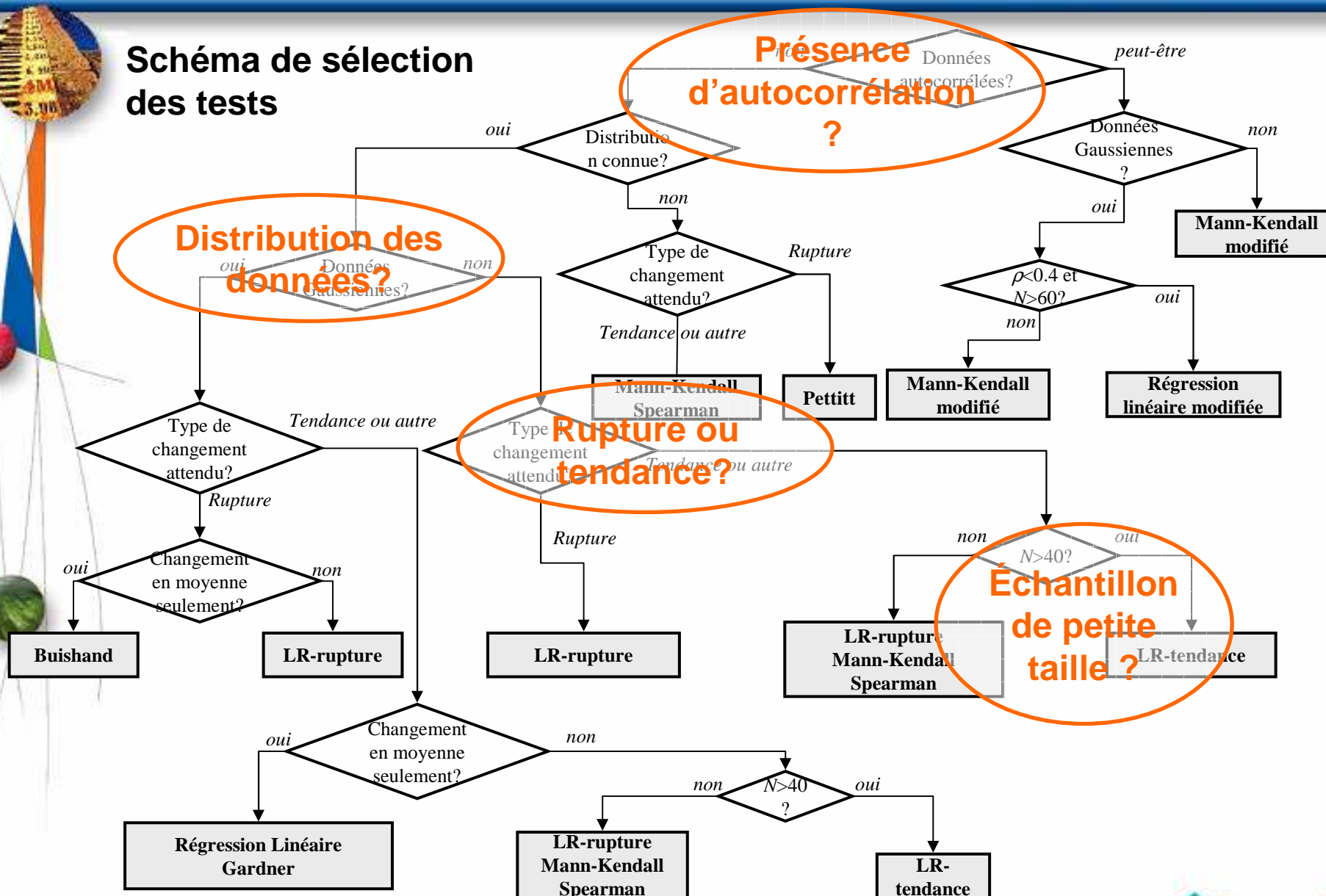
- Une variabilité existe naturellement dans les séries temporelles hydrologiques, *a priori* actuellement plus forte que celle imputable à une dérive climatique
- Les résultats des tests apportent une aide à la décision concernant une hypothèse H_0 et son alternative
- Les tests reposent tous sur une variable de décision t dont on connaît les bornes d'un intervalle des valeurs que peut vraisemblablement prendre la statistique t si H_0 est vraie

		La réalité	
		H_0	H_1 , complémentaire de H_0
Résultat du test	H_0 acceptée alors que H_0 est vraie	H_0 acceptée alors que H_0 est vraie	H_0 acceptée alors que H_1 est vraie
	H_1 acceptée alors que H_0 est vraie (Risque de 1ère espèce)	H_1 acceptée alors que H_1 est vraie (Puissance)	H_1 acceptée alors que H_0 est vraie (Risque de 1ère espèce)

- Le risque de 1ère espèce et la puissance départagent les tests (fonction de la variable à tester)

Aspects méthodologiques (2/3)

Schéma de sélection des tests

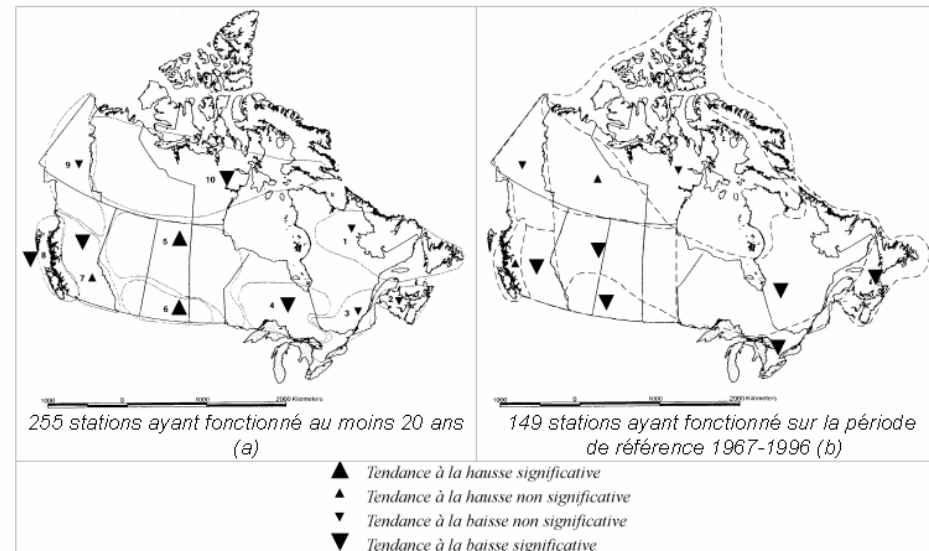


► Aspects méthodologiques (3/3)

- Le hasard peut faire qu'une statistique sur un site peut prendre une valeur « anormale », il faut vérifier la cohérence avec d'autres analyses sur des stations « voisins » avant de conclure
- ➔ Après avoir pris connaissance de la puissance des tests engagés
Nécessité de développer un test régional incorporant la corrélation spatiale

- Des résultats contradictoires ?

Résultats des tests de stationnarité sur les séries de maximums annuels journaliers obtenus par (a) Adamowski et Bocci (2002) et (b) Zhang et al. (2001)



Il est parfois difficile de faire un diagnostic à l'échelle mondiale : ici, les périodes d'étude, le découpage et le réseau de mesure considérés sont différents

▶ Détection de changements en France (1/2)

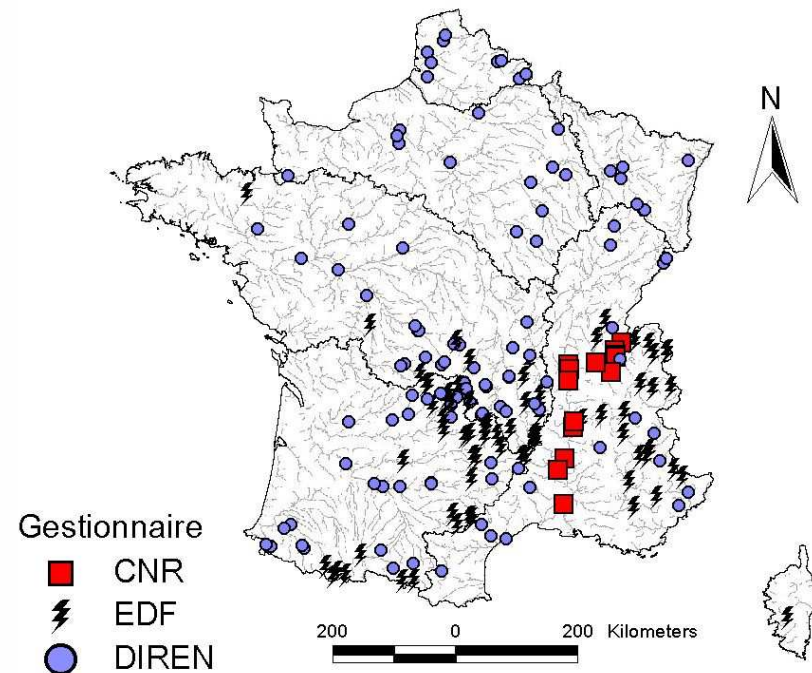
1. Choix des stations à analyser

- Critères : longue série de QJ (> 40 ans), données de qualité (absence d'influence, stabilité du lit, suivi attentif des courbes de tarage)
- Visite préliminaire auprès des gestionnaires

➔ Jeu de 195 longues séries

2. Analyse locale des évolutions

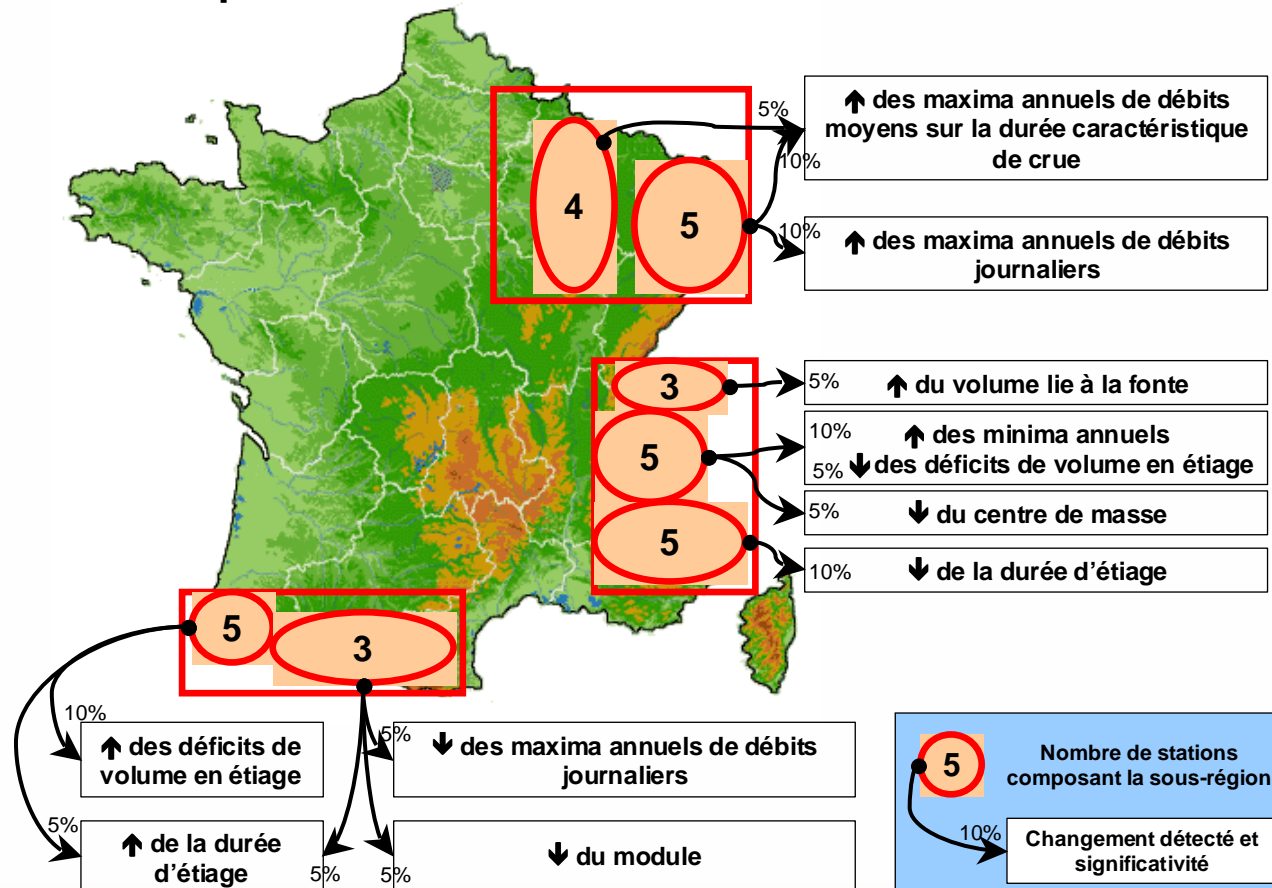
- Définition des variables hydrologiques pertinentes
- Extraction des variables de test
- Visualisation des résultats par station : dialogue avec les gestionnaires



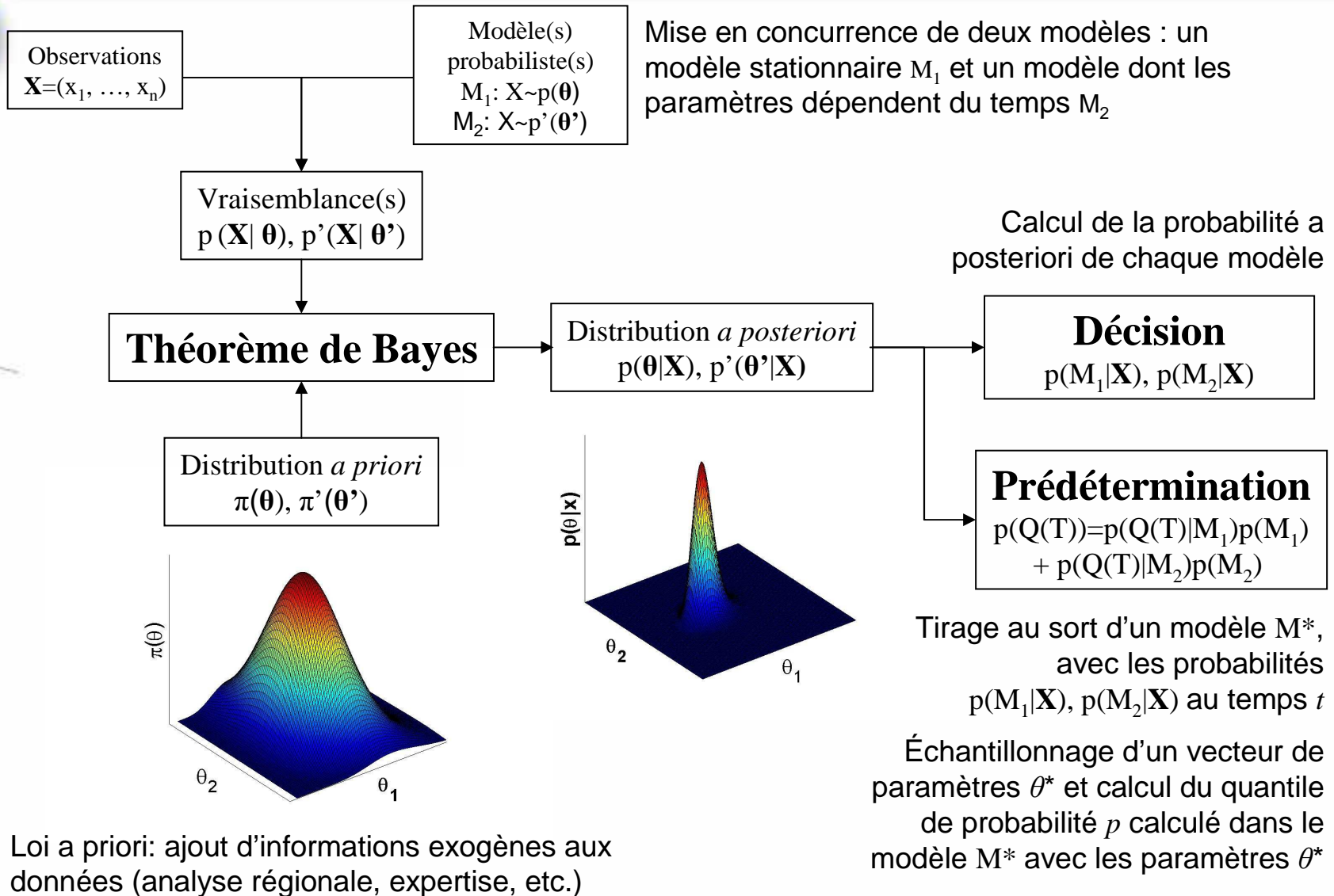
▶ Détection de changements en France (1/2)

● Principales conclusions :

- Nombreux changements d'origine non climatique ($\approx 50\%$ des cas)
- Pas de changement généralisé à l'échelle de la France (crues et étiages)
- Quelques suspicions à l'échelle régionale surtout liées à l'augmentation des températures de l'air :

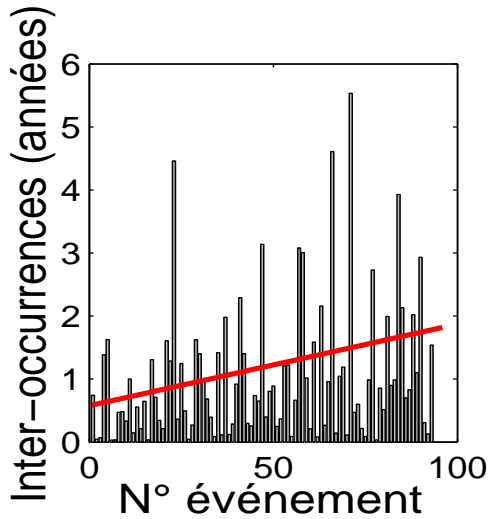


► La gestion du risque en contexte non stationnaire (1/2)



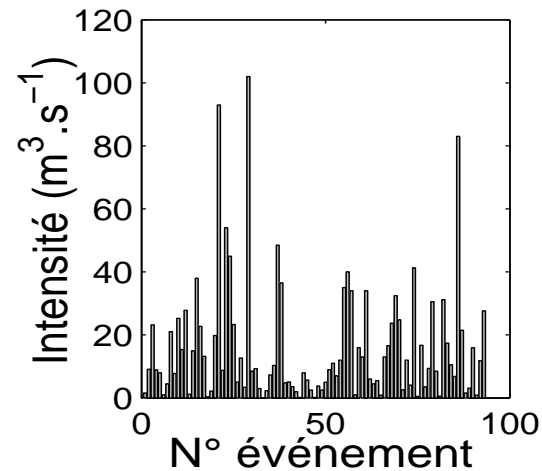
► La gestion du risque en contexte non stationnaire (2/2)

Application : la Drôme à Luc en Diois (194 km²)



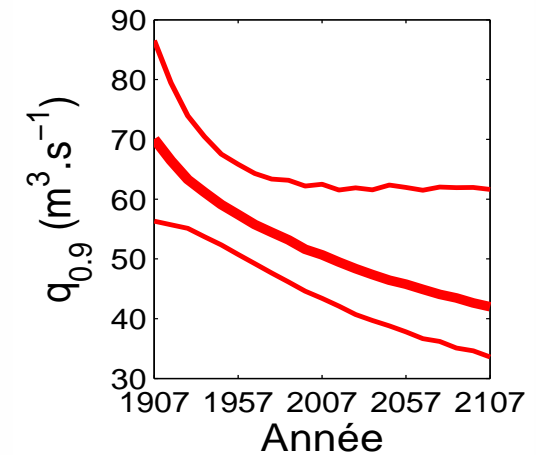
(a)
↓

Loi exponentielle
 $P(\text{stationnaire})=0.11$
 $P(\text{tendance linéaire})=0.89$
La fréquence semble décroître



(b)
↓

Loi de Pareto Généralisée
 $P(\text{stationnaire})=0.79$
 $P(\text{tendance linéaire})=0.21$
L'intensité semble stationnaire



(c)
↓

IC = incertitude
 d'échantillonnage +
 incertitude de stationnarité

► Conclusion

- **Nous ne parvenons pas à détecter un signal fort du changement climatique dans les débits aujourd'hui... Cela ne signifie pas que des modifications n'existent pas, mais peut-être qu'elles ne sont pas encore perceptibles**
 - Il faut assurer une veille hydrométrique
- **Mais demain ? Même si les incertitudes restent encore fortes, il faut anticiper ces évolutions**
 - Des outils statistiques ont déjà été développés pour une estimation des quantiles en contexte non stationnaire ; il reste à établir des liens avec les bonnes « covariables » (issues des GCMs)
- **Dépasser le cadre local d'analyse et prendre en compte la dépendance spatio-temporelle des extrêmes**
- **Développements réalisés au sein d'un projet PNRH associant LTHE/Grenoble (P. Bois); EDF (A. Dupeyrat, C. Laurent, S. Parey, C. Prudhomme, J. Gailhard, E. Paquet); Hydrosociences Montpellier (H. Niel, L. Neppel); Météo-France (O. Mestre)**
- **Plus d'info : thèse de B. Renard, en ligne www.lyon.cemagref.fr**