

Prise en compte de scénarios de changement climatique dans des méthodes de cartographie de l'aléa hydrologique

Application aux pluies intenses et aux débits mensuels et annuels

N. Folton^a, P. Cantet^b, P. Arnaud^a, C. Fouchier^a, L. Turquois^a

Objectif : évaluer les conséquences de l'évolution climatique sur les pluies extrêmes et les débits mensuels et annuels sur les 100 prochaines années, à l'aide de méthodes de cartographie de l'aléa hydrologique qui s'appuient sur la modélisation des processus hydrologiques.

Méthode : en introduisant des perturbations liées au changement climatique dans leurs entrées, il est possible d'évaluer les conséquences de ce changement sur les sorties hydrologiques.

Couplage des sorties d'un modèle climatique global avec un générateur de pluie et un modèle hydrologique

Modèle 1 : modèle de simulation des débits mensuels (méthode LOIEAU)

Principe (fig 1) :

- modèle pluie-débit pixelisé, à 2 paramètres
- fonction de production distribuée journalière
- fonction de transfert distribuée mensuelle
- calage sur 940 bassins versants
- régionalisation des paramètres (résolution : 1 km²)

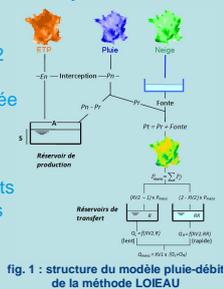


fig. 1 : structure du modèle pluie-débit de la méthode LOIEAU

Résultats :

- estimation des écoulements mensuels en tout point du réseau hydrographique
- calcul des débits statistiques : QMNA5, module

Folton et Lavabre (2006)



fig. 2 : cartographie du module modélisé par LOIEAU (l/s), période 1961-2000

1. Données : sorties du modèle climatique CNRM-CM3

- simulations journalières (pluie, neige, température, ETP)
- 3 périodes :
 - ↳ 1960-2001, forcée sur les émissions observées de gaz à effets de serre (GES)
 - ↳ 2046-2065 et 2081-2100, forcées par le scénario A1B d'évolution de la concentration en GES
- mise en œuvre d'une descente d'échelle statistique (Boé 2006) :
 - ↳ désagrégation des données à la résolution 8 x 8 km²

2. Calage et mise en œuvre des modèles

- **Générateur de pluies horaires**
 - ↳ calage des paramètres du générateur de pluie sur les simulations CNRM-CM3 de chacune des 3 périodes
 - ↳ estimation des quantiles de pluie associés à chaque période
- **Modèle de simulation de débits mensuels**
 - ↳ calage des paramètres du modèle pluie-débit sur les données pluie débit observées (1970-2009)
 - ↳ simulation des débits mensuels à l'aide des sorties CNRM-CM3 pour les 3 périodes

Modèle 2 : générateur stochastique de pluies horaires (méthode SHYREG)

Principe (fig. 3) :

- calage local des 3 paramètres du générateur sur 2 820 postes pluviométriques
- régionalisation des paramètres (résolution : 1 km²)

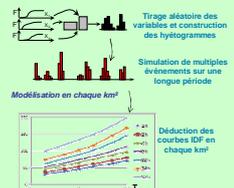


fig. 3 : module pluie de la méthode SHYREG

Résultats :

- estimation des quantiles de pluie ponctuelle en tout point du territoire
- cartographies des quantiles de pluies extrêmes toutes durées (1h à 72h) toutes fréquences (jusqu'à 1000 ans)

Cantet (2009), Arnaud et al. (2008)

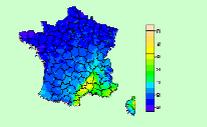


fig. 4 : quantiles Shyreg de la pluie horaire centennale PM1100 (mm)

Conséquences de l'évolution climatique sur les débits

Évolution des étiages :

- sévérité accrue des étiages, sauf temporairement sur les bassins d'altitude (fig. 5)
- étiages plus précoces (fig. 7)

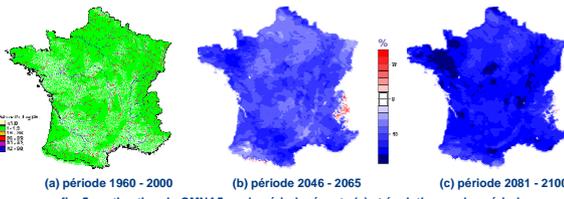


fig. 5 : estimation du QMNA5 sur la période récente (a) et évolution sur les périodes futures (b et c, écarts relatifs par rapport au QMNA5 de la période récente)

Évolution des débits annuels et mensuels :

- assèchement généralisé des cours d'eau (diminution du module et des débits mensuels moyens, fig. 6 et 7)
- sensibilité hydrologique à la réduction des précipitations et à l'augmentation des températures (fig. 6)
- fonte de neige plus précoce puis disparition progressive du caractère nival des bassins alpins (fig. 7a)

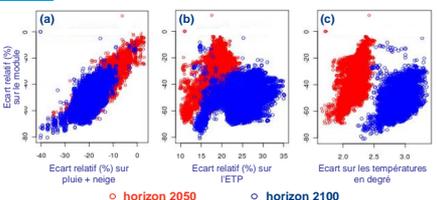


fig. 6 : évolution des écoulements annuels moyens spécifiques en fonction de l'évolution des précipitations (a), de l'ETP (b) et de la température (c)

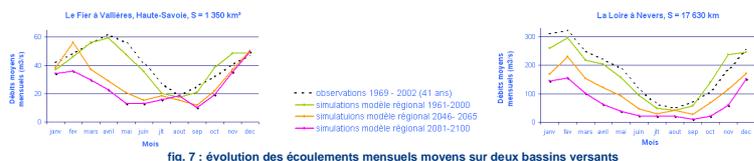


fig. 7 : évolution des écoulements mensuels moyens sur deux bassins versants

Limites de l'étude sur les débits :

- forte hypothèse de stationnarité des paramètres du modèle pluie-débit
- étude à mener sur les corrélations entre chaque perturbation, introduite individuellement, et l'évolution des débits

Conséquences de l'évolution climatique sur les pluies rares

Évolution de la pluie centennale maximale en 24 heures :

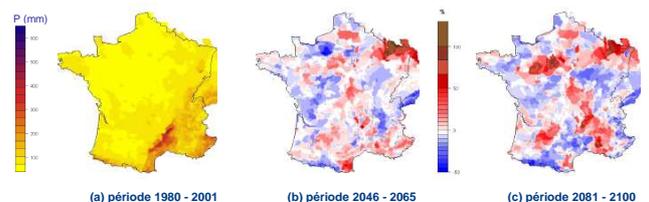


fig. 8 : estimation de la PM24T100 sur la période récente (a) et évolution sur les périodes futures (b et c, écarts relatifs par rapport à la PM24T100 de la période récente)

- pas d'évolution uniforme à l'échelle de la France (fig. 8)
- extension de la zone soumise aux événements extrêmes évenuels
- augmentation des quantiles de pluie sur le Nord-Est de la France et l'ouest du Bassin Parisien
- diminution des pluies extrêmes sur les Pyrénées, la Bourgogne et la Bretagne

Intérêt et limites de l'étude sur les pluies extrêmes :

- prise en compte du changement climatique par l'estimation des paramètres du modèle, liés aux caractéristiques moyennes et non extrêmes des événements de pluie
- hypothèse de stationnarité du comportement des pluies extrêmes par rapport aux paramètres Shyreg (même genèse des pluies extrêmes dans le futur).
- sous-estimation des quantiles issus des simulations sur la période 1980 – 2001 par rapport aux quantiles issus d'un calage des paramètres sur les données observées, suivi d'une régionalisation de ces paramètres

SYNTHESE, PERSPECTIVE

- mise en évidence de l'impact des évolutions climatiques futures sur des grandeurs hydrologiques
- études menées avec un seul modèle de changement climatique → prise en compte prochaine de sorties d'autres modèles de changement climatique

Références bibliographiques

- Arnaud P., Lavabre J., Sol B., Desouches C. (2008) Regionalization of an hourly rainfall generating model over metropolitan France for flood hazard estimation. Hydrological Sc. Jour, vol 53, pp 34-47
- Boé J., L. Terray, F. Habets and E. Martin (2006) A simple statistical-dynamical downscaling scheme based on weather types and conditional resampling. J. Geophys. Res. D: Atmospheres, 111 (23), D23106
- Cantet, P. (2009) Impacts du changement climatique sur les pluies extrêmes par l'utilisation d'un générateur stochastique de pluies. Thèse de doctorat de l'Université Montpellier II, 178 p.
- Folton N., Lavabre J. (2006) Regionalization of a monthly rainfall-runoff model for the southern half of France based on a sample of 880 gauged catchments. IAHS Publ, 307, pp 264 - 277.