



HAL
open science

Modelo de previsão hidrológica: Critérios de avaliação e dinâmica da transferência de resultados de pesquisa aos serviços operacionais na França

Carina Furusho-Percot, Charles Perrin, Vazken Andréassian, Maria-Helena Ramos

► To cite this version:

Carina Furusho-Percot, Charles Perrin, Vazken Andréassian, Maria-Helena Ramos. Modelo de previsão hidrológica: Critérios de avaliação e dinâmica da transferência de resultados de pesquisa aos serviços operacionais na França. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Nov 2013, Bento Gonçalves, Brazil. 8 p. hal-00934817

HAL Id: hal-00934817

<https://hal.science/hal-00934817>

Submitted on 22 Jan 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MODELO DE PREVISÃO HIDROLÓGICA: CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E DINÂMICA DA TRANSFERÊNCIA DE RESULTADOS DE PESQUISA AOS SERVIÇOS OPERACIONAIS NA FRANÇA

Carina Furusho^{1*}; *Charles Perrin*²; *Vazken Andreassian*³ & *Maria-Helena Ramos*⁴

Resumo – O modelo hidrológico de previsão GRP vem sendo desenvolvido pelo Irstea há quase 10 anos. Concebido para simular a transformação chuva-vazão em modo contínuo e possibilitar a assimilação de dados de vazão coletados em tempo real, o modelo responde a um compromisso entre eficácia, parcimônia, robustez e facilidade de utilização. A plataforma de previsão operacional na qual encontra-se inserido o modelo GRP é difundida pelo SCHAPI, o Serviço Central de Apoio à previsão de inundações na França. Tal plataforma é atualmente utilizada em mais de 50% dos serviços locais de previsão de enchentes (SPC). O objetivo deste trabalho é de apresentar a evolução do modelo de previsão GRP, com foco na dinâmica de transferência de resultados de pesquisa aos serviços operacionais. Diversas pesquisas foram e têm sido conduzidas visando aprimorar o desempenho do modelo e enriquecê-lo com novas funcionalidades. Em paralelo, busca-se igualmente re-adaptar o sistema de previsão à partir da experiência dos previsoristas dos centros operacionais responsáveis pelos alertas à cheias. Esta interação tem se revelado uma fonte de reflexão muito rica para pensar novas formas de desenvolver tanto o modelo e suas representações matemáticas como o produto operacional que servirá de base para a tomada de decisão.

Palavras-Chave – Previsão hidrológica, modelo hidrológico, assimilação de dados em tempo real

EVOLUTION OF A HYDROLOGICAL FORECAST MODEL: TRANSFER OF RESEARCH RESULTS FOR OPERATIONAL CENTERS

Abstract – The hydrological model GRP has been developed at IRSTEA for almost 10 years. GRP was conceived to simulate continuous rainfall-runoff transformation and assimilate real-time discharge data, meeting a good compromise in terms of parsimony, efficiency, robustness and simplicity. The operational forecast platform containing GRP is released by the French Central Flood Forecasting and Warning Service (SCHAPI). This platform is currently used by more than half of the local flood forecast services (SPC). The objective of this paper is to present the evolution of the GRP model, focusing on research results transfer dynamics for operational services. Many research projects have been carried out to enhance the model performance and provide new functionalities. The feedback from the forecasters in charge of flood warning in the operational services is also constantly assessed to better adapt the system for their needs. This interaction has revealed to be a valuable source of reflection to develop not only the model and its mathematical representation but also the operational product intended to decision support.

Keywords – Flood forecast, hydrological model, real-time data assimilation

¹ Afiliação: IRSTEA. 1 Pierre Gilles de Gennes, 92761 Antony France. Carina.furusho@irstea.fr

² Afiliação: IRSTEA. 1 Pierre Gilles de Gennes, 92761 Antony France. Charles.perrin@irstea.fr

³ Afiliação: IRSTEA. 1 Pierre Gilles de Gennes, 92761 Antony France. Vazken.andreassian@irstea.fr

⁴ Afiliação: IRSTEA. 1 Pierre Gilles de Gennes, 92761 Antony France. Maria-helena.ramos@irstea.fr

INTRODUÇÃO

As enchentes são as principais causas de mortalidade e prejuízos socio-econômicos entre os fenômenos naturais no mundo. Assim, é essencial que os países sejam munidos de sistemas de previsões e alertas para antecipar a ocorrência de eventos extremos. O manual de previsões e alerta a enchentes publicado pela Organização Mundial de Meteorologia (WMO, 2011) fornece uma ampla documentação sobre os diversos aspectos dos sistemas de previsão, assim como exemplos em diferentes países.

Na Europa, novas medidas foram tomadas na luta contra as consequências das inundações, traduzidas pela directiva 2007/60/CE do parlamento europeu, que é introduzida pela seguinte constatação: “As inundações constituem uma ameaça que podem provocar perdas de vidas humanas e deslocamento de populações, (...), comprometer gravemente o desenvolvimento econômico e enfraquecer as atividades econômicas da Comunidade”.

Motivados pelos prejuízos humanos e econômicos ligados aos eventos de enchentes, as pesquisas aprofundadas em hidrometeorologia geram numerosos desenvolvimentos operacionais. Um dos objetivos principais desses trabalhos é de desenvolver sistemas de modelagem hidrometeorológicos suficientemente confiáveis para permitir a antecipação dos eventos de inundação.

O Sistema de Alerta a Enchentes Europeu EFAS (Thielen *et al.*, 2009) é um modelo desenvolvido pelo centro europeu para realizar previsões de 3 a 10 dias de antecedência, com o objetivo de prevenir as autoridades locais aos eventos de enchentes em bacias européias transnacionais. O projeto de pesquisa EFAS foi lançado em 2003 pelo Centro Comum de Pesquisa Européia (JRC) com o desenvolvimento de um protótipo em colaboração estreita com serviços nacionais de meteorologia e hidrologia. Uma das principais etapas da concepção do modelo e do protótipo foi dedicada a uma análise de pré-requisitos recolhidos junto aos serviços operacionais. Thielen *et al.*, (2003) descrevem um workshop no qual foram identificadas as principais práticas e necessidades futuras do ponto de vista dos usuarios finais. Outra fase importante desse processo segundo Thielen *et al.* (2009) é a preparação para a transferência do sistema operacional e sua implementação.

Na França, os esforços voltados para essa problemática culminaram na criação da rede de Serviços de Previsão de Enchentes (SPC, www.vigicrues.gouv.fr) em 2002 e do Serviço Central de Hidrometeorologia e Apoio à Previsão de Inundações (SCHAPI) em 2003, para coordenar e garantir a coerência nacional entre os serviços locais. Em termos tecnológicos, tais esforços foram concretizados em modelos hidrológicos de previsão, que determinam a relação entre as precipitações sobre a bacia hidrográfica e a vazão prevista no rio, como o modelo GRP.

Assim como o exemplo do sistema europeu EFAS, outros estudos abordam a importância de desenvolver de maneira integrada a cadeia de modelagem meteorológica e hidrológica em estreita colaboração com previsionistas e responsáveis pela decisão, como ressaltam Dale *et al.* (2012) e Cranston e Tavendale (2012). em uma revisão dos avanços na hidrometeorologia operacional no Reino Unido. Para que a cadeia de previsão evolua e funcione de maneira satisfatória, é preciso que o canal de comunicação entre os centros de pesquisa e os serviços operacionais esteja sempre aberto, seja para a previsão de cheias como para a gestão de aflúências. Uma questão importante, para a qual o ponto de vista dos usuários é indiscutivelmente essencial, é a forma de visualização das previsões (Bruen *et al.*, 2010), particularmente para comunicação das incertezas (Ramos *et al.*, 2010). Técnicas emergentes como a previsão de conjuntos (ensemble) apresentam novos desafios tanto para a comunidade de pesquisa como para os centros de previsão operacionais (Cloke et Pappenberger, 2009).

O presente artigo propõe uma reflexão sobre a importância da comunicação estabelecida com os serviços operacionais no desenvolvimento de ferramentas de suporte à decisão, baseando-se no

exemplo da dinâmica do desenvolvimento de um modelo utilizado pela maioria dos serviços locais de previsão de enchentes na França. Um breve resumo da evolução do modelo é seguido pela descrição de sua atual estrutura e dos critérios escolhidos para a avaliação da qualidade das previsões. Por fim, o estudo de caso focaliza a dinâmica de transferência de resultados de pesquisa em modelagem hidrológica aos serviços operacionais de previsão na França.

DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE PREVISAO HIDROLÓGICA GRP

Evolução e difusão do modelo operacional

O modelo GRP herdou de uma longa série de trabalhos de pesquisa em modelagem hidrológica orientados à previsão. Os primeiros desenvolvimentos operacionais do modelo foram implementados na plataforma HYDROMATH em 2001, no serviço de alertas da bacia Oise-Aisne, localizada no norte da França (Perrin *et al.*, 2003). Em 2005, o modelo passou a se chamar GR3P: “3” indicando que o modelo possui 3 parâmetros livres a serem calibrados e “P” para marcar sua vocação à previsão. GR3P foi instalado no centro de previsão de enchentes Seine Moyenne-Yonne-Loing (SMYL), que inclui a cidade de Paris e seus subúrbios, em 2005. Hoje, este serviço utiliza o modelo em mais de 35 sub-bacias, tanto para a vigilância dos rios como para as previsões.

A partir de 2010, o SCHAPI assegura a difusão de licenças gratuitas à rede dos serviços locais de previsão de enchentes (SPC) e hoje mais da metade desses serviços utilizam GRP para a vigilância e/ou para a previsão de cheias (Figura 1).

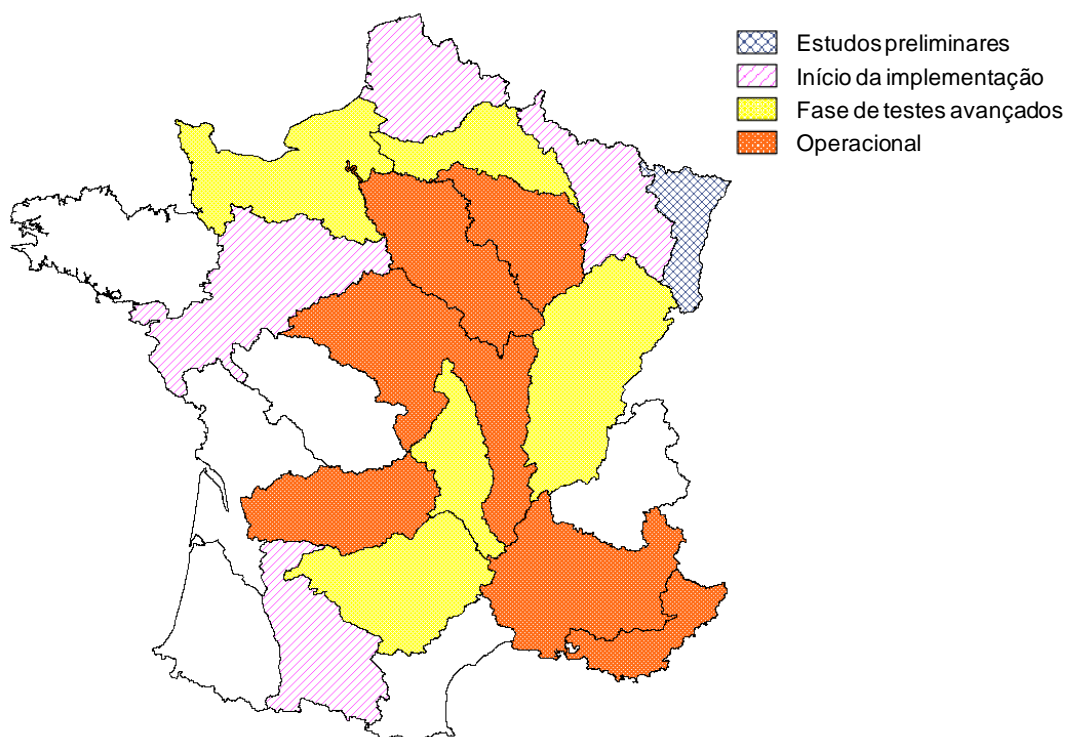


Figura 1 – Utilização do modelo GRP pelos Serviços de Previsão de Enchentes (SPC) na França. Fonte SCHAPI, 2012.

O modelo hidrológico de previsão GRP que realiza a assimilação de dados de vazão em tempo real, que é usada até hoje, foi desenvolvido no trabalho de doutorado de Tangara (2005). O modelo funcionava então em intervalos de tempo diários e em seguida foi adaptado para funcionar em intervalos de tempo horários no trabalho de doutorado de Berthet (2010).

Nos últimos anos, foram desenvolvidos e testados módulos dedicados aos processos de acumulação e fusão da neve (Valéry, 2010), métodos de propagação hidráulica, bem como diversas técnicas de assimilação de dados de vazão em tempo real (Berthet, 2010). Atualmente, esforços têm sido aplicados para a implementação de previsões probabilísticas para o alerta de cheias, assim como a comunicação das incertezas das previsões.

Estrutura atual do modelo GRP

GRP é um modelo de previsão contínuo, o que significa que ao contrário dos modelos limitados aos episódios de chuva, ele funciona continuamente ao longo do ano e utiliza o histórico de chuvas passadas para determinar o estado inicial de umidade da bacia hidrográfica no instante da previsão. GRP é um modelo concentrado, ou seja, supõe-se que o comportamento hidroológico da bacia pode ser capturado mesmo sem considerar a heterogeneidade espacial de suas características e da distribuição espacial das precipitações. A hipótese é que esta heterogeneidade teria um papel secundário comparado à influência dos valores médios das características da bacia e das quantidades das precipitações.

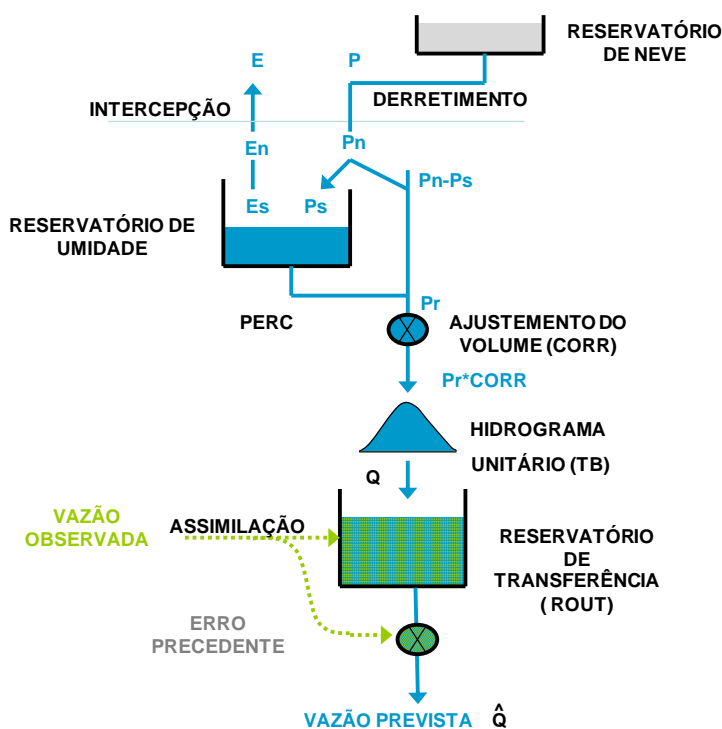


Figura 2 – Esquema da estrutura do modelo GRP, onde P é a precipitação total, E a evaporação total. O índice n indica valores após o processo de intercepção e o índice s indica entradas e saídas do reservatório de umidade (ou de produção). Logo abaixo, $PERC$ é o fluxo de percolação e Pr o escoamento superficial, que é corrigido pelo parâmetro calibrado $CORR$ antes de ser transferido pelo hidrograma unitário caracterizado pelo parâmetro de tempo de base TB e um reservatório de transferência de capacidade máxima $ROUT$, parâmetro que também é otimizado. A vazão assimilada em tempo real é usada para corrigir o conteúdo do reservatório de transferência e o valor da vazão prevista Q .

Sua estrutura é composta por reservatórios (Figura 2), se tratando assim de um modelo conceitual. A função de produção é baseada em um reservatório de monitoramento da umidade do solo e um coeficiente de ajuste da quantidade de precipitação que é otimizado para cada bacia ($CORR$). A função de transferência é constituída por um hidrograma unitário e um reservatório de transferência não-linear. O tempo de base do hidrograma unitário (TB) e a capacidade máxima deste último reservatório ($ROUT$) são parâmetros otimizados para cada bacia. Desta forma, o modelo só

depende de três parâmetros otimizáveis. O baixo nível de complexidade confere ao modelo uma boa estabilidade assim como uma boa robustez.

Outro aspecto que facilita a implementação do sistema é que modelo precisa somente de dados de chuva, de evaporação potencial e de vazão para funcionar. Quando necessário, o modelo pode ser completado por um componente que representa o acúmulo e derretimento da neve, que requer dados suplementares de temperatura (Valéry, 2010).

O modelo assimila dados observados de vazão em tempo real por um método de atualização direta do reservatório de transferência e uma função auto-regressiva de erros. O trabalho de Berthet (2010) mostra que o método de redes neurais artificiais pode melhorar as correções pela assimilação dos dados de vazão em tempo real de maneira significativa.

Critérios de avaliação de desempenho

Os critérios numéricos e gráficos utilizados para avaliar o desempenho do modelo evoluíram graças a esforços de pesquisa mas principalmente em resposta às necessidades dos serviços operacionais de previsão.

Um aspecto importante, que caracteriza os estudos e o trabalho de desenvolvimento do modelo GRP, é o processo de testes e avaliações em amostras amplas, sempre envolvendo um grande número e variedade de bacias, como defendem Andréassian *et al.* (2009). Este ponto é primordial para garantir a flexibilidade e a robustez do modelo. Uma consequência desta prática é a necessidade de critérios numéricos normalizados que permitam a comparação dos resultados de desempenho de maneira independente das diferenças de dimensão de superfície e de vazão.

Entretanto, como em geral os previsionistas são habituados aos valores de vazão dos rios que monitoram, os valores absolutos de erros não devem ser descartados. Assim, o principal critério numérico usado para a avaliação do modelo, em uma dada bacia, é o erro quadratico médio (RMSE), definido pela equação abaixo, onde Q_{obs} é o valor de vazão observado e Q_{prev} a vazão prevista no instante de previsão i para o horizonte de previsão L e a média é calculada para n instantes de previsão.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_{obs}(i+L) - Q_{prev}(i+L))^2} \quad (1)$$

Pode-se constatar a degradação das previsões do modelo para horizontes mais distantes pela evolução deste critério em função do horizonte de previsão (L), como ilustrado na figura 3, para o caso da bacia *Le Theil*, que fica a leste de Paris (França).

Já a eficiência do modelo é medida comparando-se as previsões de GRP ao modelo de persistência. Para este último, no momento $i+L$ a vazão continua com o mesmo valor observado no instante de previsão i , ou seja, $Q_{prev}(i+L) = Q_{obs}(i)$. Esta comparação é feita usando os erros quadráticos médios em um critério adimensional (Eff) definido por:

$$Eff = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}(i+L) - Q_{prev}(i+L))^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}(i+L) - Q_{obs}(i))^2} \quad (2)$$

Este critério pode variar entre $-\infty$ e 1. Se $Eff=1$ o modelo é perfeito, quando $Eff=0$, o modelo testado é equivalente ao modelo de persistência e um critério negativo indica que o modelo testado fornece previsões piores que as do modelo de persistência. Como os valores fortemente negativos

são difíceis de interpretar, sobretudo nos cálculos estatísticos em amostras com um grande número de bacias, uma versão limitada deste critério (C2MP) foi formulada por Mathevet *et al.* (2006) e é definida como:

$$C2MP = \frac{Eff}{2 - Eff} \quad (3)$$

O Critério C2MP varia no intervalo]-1,1] e os valores 1 e 0 conservam os mesmos significados que têm para o critério de persistência *Eff*. A vantagem desta adaptação é de evitar que a média deste critério em uma amostra de muitas bacias seja muito influenciada por valores fortemente negativos. Outro indicador que permite a comparação entre bacias diferentes é o erro médio relativo (EMR):

$$EMR = \frac{\sum_{i=1}^n |Q_{obs}(i+L) - Q_{prev}(i+L)|}{\sum_{i=1}^n Q_{obs}(i+L)} \quad (4)$$

Ao contrário dos critérios precedentes, ele não consente uma importância relativa mais forte aos maiores erros, permitindo assim a ter uma idéia mais concreta do erro cometido a cada intervalo de tempo.

Enfim, como a principal responsabilidade dos centros de previsão operacionais é de prever se o nível de vazão irá exceder valores limites específicos, o modelo é também avaliado em termos de ultrapassagem de valores limite, descritos por Bennett *et al.* (2013): probabilidade de detecção (*hit rate*), proporção de falsos alertas (*false alarm ratio*) e índice de sucesso crítico (CSI). A tabela superior à direita na figura 3 ilustra esses critérios na bacia *Le Theil*.

DINÂMICA DA TRANSFERÊNCIA OPERACIONAL DO MODELO GRP

Os retornos de experiência da utilização do modelo são principalmente recolhidos em reuniões anuais junto aos usuários do modelo (“Le Groupe Utilisateurs”- GU), mas também em estudos de casos realizados em parceria SPC-SCHAPI-Irstea e durante workshops de formação.

As reuniões do GU são organizadas para que o SCHAPI e o IRSTEa possam divulgar as evoluções recentes do modelo e principalmente para que os centros de previsão locais (SPC) compartilhem suas experiências e expressem as dificuldades encontradas para guiar os desenvolvimentos futuros. Estas reuniões são também importantes para acompanhar a evolução dos recursos disponíveis aos previsionistas, como novas fontes de dados que poderiam, potencialmente, ser aproveitadas pelo modelo. Por exemplo, as previsões probabilísticas de conjuntos meteorológicos (*ensembles*) de precipitações e temperatura convergem esforços atualmente para serem integrados à cadeia de previsão (Zalachori *et al.*, 2012). A disseminação de precipitações estimadas por radares meteorológicos, assim como o avanço de imagens de satélite que trazem informações complementares sobre a distribuição de umidade do solo e da espessura da camada de neve são exemplos de dados que poderão ser disponibilizados futuramente aos centros operacionais.

A priorização das ações de pesquisa e desenvolvimento previstas para cada ano é assim feita em função destas discussões com os usuários. De acordo com a ordem das prioridades estabelecida, é possível planejar os recursos para fomentar as pesquisas e o suporte técnico necessários.

Além destas vias formais e periódicas, manter um canal de comunicação aberto com as redes de previsão operacionais permite recolher informações sobre o uso do modelo também no dia-a-dia e particularmente após eventos severos de cheias.

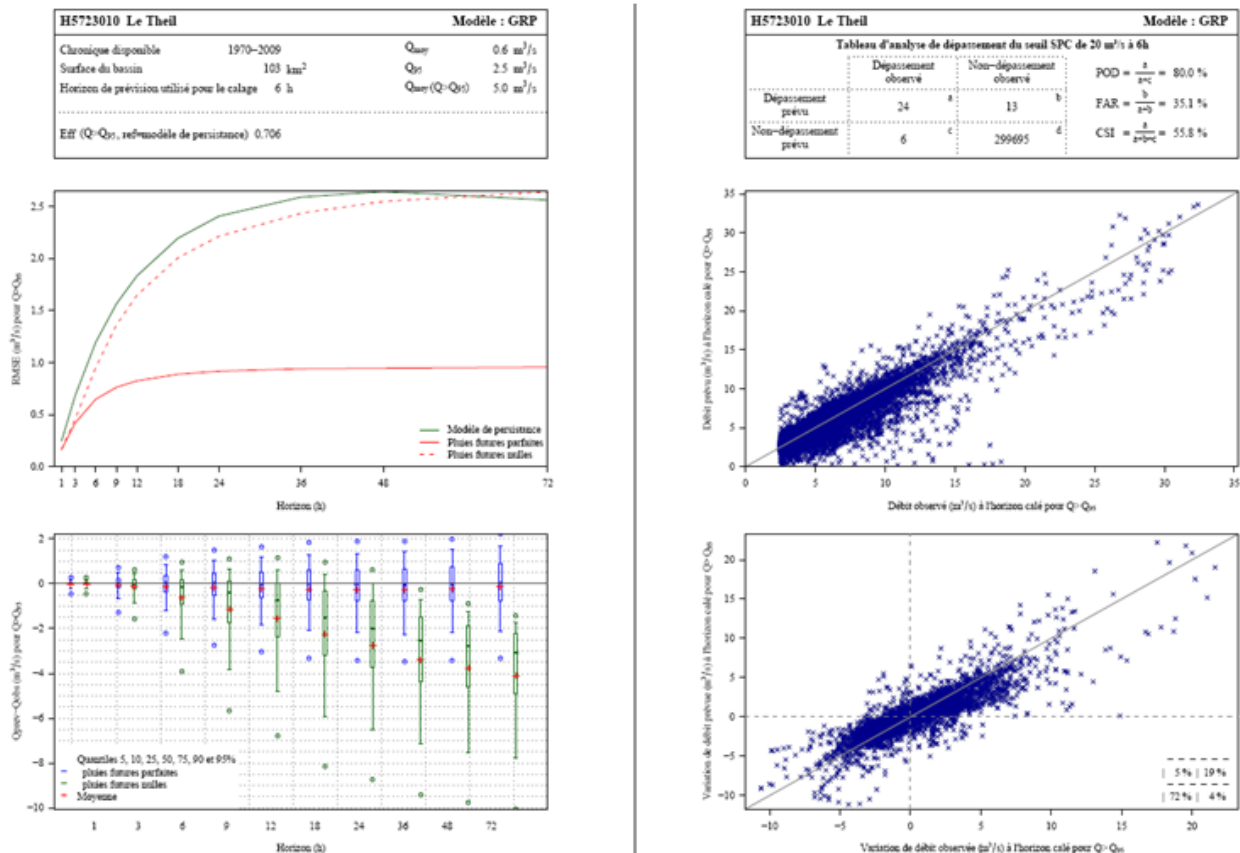


Figura 3: Exemplo da representação dos resultados do modelo GRP aplicado à bacia Theil (França). À esquerda um quadro com os detalhes da calibração realizada (nome e superfície da bacia, período da série de dados, horizonte de previsão e estatísticas dos dados de vazão observados). Os gráficos mostram a evolução do erro quadrático médio (RMSE) e a diferença entre os valores de vazão previstos e observados em função do horizonte de previsão, acima do limite de um nível de monitoramento Q_{vig} . À direita o quadro mostra os critérios relativos à ultrapassagem de níveis de alerta. Neste exemplo, o modelo prevê corretamente 80% dos eventos em que o nível excede o limite e a taxa de alertas falsos é de 35%. Os gráficos mostram os valores de vazão previstos em função dos valores observados (em cima) e as variações dos mesmos (em baixo), com as porcentagens correspondentes. Neste exemplo, 5% das previsões, representadas no quadrante esquerdo superior, correspondem aos equívocos em momentos de diminuição de vazão (previstas como aumento) e 4% aos equívocos inversos: previsões de aumento em instantes de diminuição da vazão.

CONCLUSÕES

Nesse artigo, foram apresentados um breve histórico do desenvolvimento do modelo GRP, os critérios escolhidos para a avaliação do modelo para permitir a comparação de um grande número de bacias hidrográficas para os testes de robustez e fiabilidade sem perder de vista os critérios necessários para as análises e avaliações das especificidades das bacias de usuário. A visualização de resultados de calibração para a avaliação do desempenho do modelo, produto de anos de interação entre o centro de pesquisa e os serviços operacionais, é ilustrada pelo exemplo da bacia Le Theil.

Em resumo, é essencial que o serviços operacionais estejam envolvidos em todas as fases do desenvolvimento dos sistemas, desde a aquisição e a assimilação de dados, passando pela concepção do modelo propriamente dito, até a concepção de produtos de visualização e de comunicação eficiente das previsões para aumentar sua utilidade na tomada de decisões. Esta dinâmica pode ser ainda ser enriquecida com atividades de treinamento, retorno de experiências e estudos de casos. Os atuais progressos na estimação e na comunicação das incertezas de previsões para a gestão de riscos hidrológicos podem beneficiar de uma dinâmica de transferência bem estabelecida tendo em vista os desafios operacionais que eles podem representar.

REFERÊNCIAS

- ANDRÉASSIAN, V.; PERRIN, C.; BERTHET, L.; LE MOINE, N.; LERAT, J.; LOUMAGNE, C.; OUDIN, L.; MATHEVET, T.; RAMOS, M.H.; VALÉRY, A. (2009) *Crash tests for a standardized evaluation of hydrological models*. Hydrology and Earth System Sciences, 13: 1757–1764.
- BENNETT, N. D.; CROKE, B. F. W.; GUARISO, G. ; GUILLAUME, J. H. A. ; HAMILTON, S. H.; JAKEMAN, A. J.; MARSILI-LIBELLI, S. ; NEWHAM, L. T. H. ; NORTON, J. P.; PERRIN, C.; PIERCE, S. A.; ROBSON, B.; SEPPELT, R.; VOINOV, A.A.; FATH, B. D. ; ANDREASSIAN, V. (2013). *Characterising performance of environmental models*. Environmental Modelling & Software 40: 1-20.
- BERTHET, L. (2010). *Prévision des crues au pas de temps horaire : pour une meilleure assimilation de l'information de débit dans un modèle hydrologique*. Tése de Doutorado, 603 pp, Cemagref (Antony), AgroParisTech (Paris).
- BRUEN, M.; KRAHE, P.; ZAPPA, M.; OLSSON, J.; VEHVILAINEN, B.; KOK, K.; DAAMEN, K. (2010), *Visualizing flood forecasting uncertainty: some current European EPS platforms—COST731 working group 3*. Atmosph. Sci. Lett., 11: 92–99.
- CLOKE, H.; PAPPENBERGER, F. ; VAN ANDEL, S.J. ; SCHAAKE, J. ; THIELEN, J. ; RAMOS, M.H. (2013) *Hydrological Ensemble Prediction Systems. Preface to the Special Issue: Hydrological Ensemble Prediction Systems (HEPS)*. Hydrological Processes, 27, 1-4.
- CRANSTON, M.D.; TAVENDALE, E.C.W (2012). *Advances in operational flood forecasting in Scotland*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers Water Management, Vol.165 Issue WM2 pp 79–87
- DALE, M.; DAVIES, P.; HARRISON, T. (2012). *Review of recent advances in UK operational hydrometeorology*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers Water Management. Volume 165, WM2.
- MATHEVET, T.; MICHEL, C.; ANDRÉASSIAN, V.; PERRIN, C. (2006). *A bounded version of the Nash-Sutcliffe criterion for better model assessment on large sets of basins*, IAHS Red Books Series, 307, 211–219.
- PERRIN, C.; LOUMAGNE, C.; ANDRÉASSIAN, V.; MICHEL, C.; ROSIQUE, J.L. (2003). *Real time flood forecasting with rainfall-runoff models on the Oise River basin in France*. In Geophysical Research Abstracts do EGS-AGU-EUG joint assembly, Nice, 7-11 Abril 2003.
- RAMOS, M.H.; MATHEVET, T.; THIELEN, J.; PAPPENBERGER, F. (2010). *Communicating uncertainty in hydro-meteorological forecasts: mission impossible?* Meteorological Applications, 17: 223-235.
- TANGARA, M. (2005). *Nouvelle méthode de prévision de crue utilisant un modèle pluie-débit global*. Tése de Doutorado, 374 pp, EPHE, Paris.
- THIELEN, J.; DE ROO, A.; SCHMUCK, G. (2003): *First LISFLOOD ALERT workshop – practical benefit from European research*, <http://efas.jrc.it/workshop2003/reports/Summary-Report-1st-EFAS-ws.pdf>, 2003.
- THIELEN, J.; BARTHOLMES, J.; RAMOS, M.H.; DE ROO, A. (2009) *The European Flood Alert System – Part I: Concept and development*. Hydrology and Earth System Sciences, 13 (2): 125–140
- VALÉRY, A. (2010). *Modélisation précipitations – débit sous influence nivale. Élaboration d'un module neige et évaluation sur 380 bassins versants*, Tése de Doutorado, 405 pp, Cemagref (Antony), AgroParisTech (Paris).
- ZALACHORI, I.; RAMOS, M.H.; GARCON, R.; MATHEVET, T.; GAILHARD, J. (2012). *Statistical processing of forecasts for hydrological ensemble prediction: a comparative study of different bias correction strategies*. Advances in Science & Research, vol. 8, p. 135 – 141
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, WMO (2011). *Manual on flood forecasting and warning*, WMO-No 1072.