

Prévisions ponctuelles et régionales des crues fluviales
et des crues soudaines avec le modèle de bilan hydrologique LARSIM

1 DREAL Grand-Est/SPRNH (Service de Prévision des crues Rhin-Sarre), 14 rue du Bataillon de Marche n° 24, FR-67200 Strasbourg, France, e-mail: jules.pali@developpement-durable.gouv.fr
2 HYDRON GmbH, Ritterstr. 9, DE-76137 Karlsruhe, Allemagne, e-mail: ingo.haag@hydron-gmbh.de, kai.gerlinger@hydron-gmbh.de
3 Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz, Kaiser-Friedrich-Straße 7, DE-55116 Mainz, Allemagne, e-mail: norbert.demuth@lfu.rlp.de

1. Présentation du modèle LARSIM

Modèle de bilan hydrologique (MBH) :

- Déterministe, spatialisé, continu, au pas de temps flexible (en général 1h), gratuit
- Développement permanent du modèle

Domaines d'application :

- Prévision opérationnelle des crues dans de nombreux bassins-versants (en Allemagne, France, Suisse, Luxembourg, Autriche)
- Simulation de la température de l'eau et des étiages
- Prévision de remplissage des barrages
- Prévision à long-terme (changement climatique), etc.

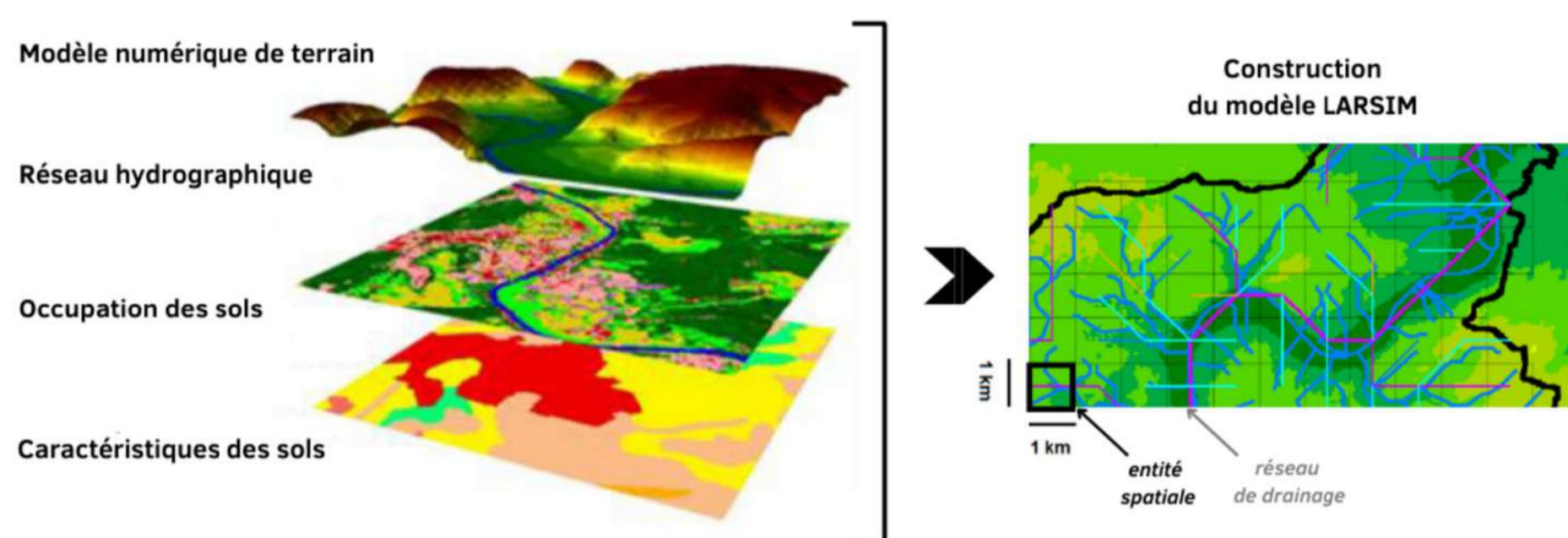


Figure 1. Données de terrain utilisées pour la construction du modèle LARSIM

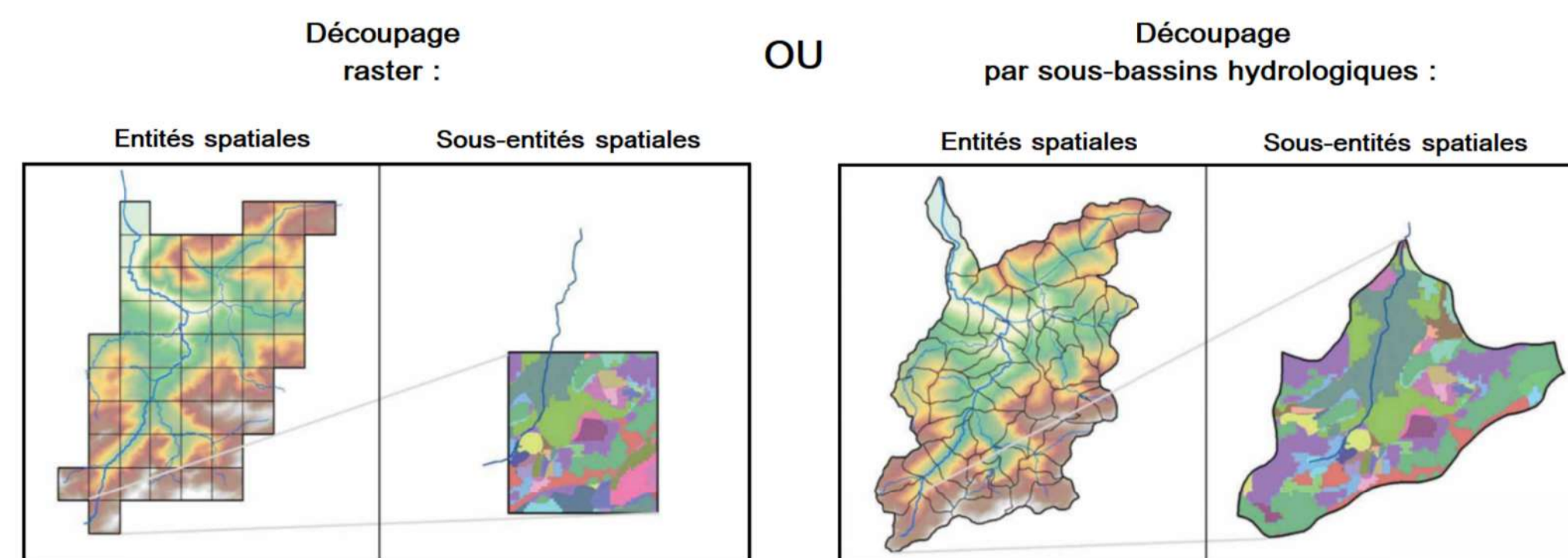


Figure 2. Structure spatiale d'un modèle LARSIM avec découpage raster ou par sous-bassins hydrologiques

Structure spatiale à haute résolution des éléments du modèle :

- Entités spatiales (« ES ») : basé sur données des altitudes et du réseau hydrographique pour calculer la concentration du débit et le routage (exemple : taille moyenne d'un ES pour le MBH Moselle : 1 km²)

- Sous-entités spatiales (« SES ») : basé sur données des caractéristiques du sol et de son occupation pour calculer la formation de l'écoulement (exemple : taille moyenne d'un SES pour le MBH Moselle : 0,07 km²)

Données d'entrée :

- Données hydrométriques (mesures observées, courbes de tarage)
- Données météorologiques (observées & prévues) : Pluviométrie, température de l'air, radiation, vitesse du vent, humidité de l'air & pression atmosphérique

Modélisation par chaque SES :

- l'Interception & l'évapotranspiration
- la dynamique de la neige
- le dépassement de la capacité d'infiltration (pour calculer les écoulements pour les crues soudaines)
- le régime hydrique du sol (pour calculer les écoulements pour les crues fluviales)

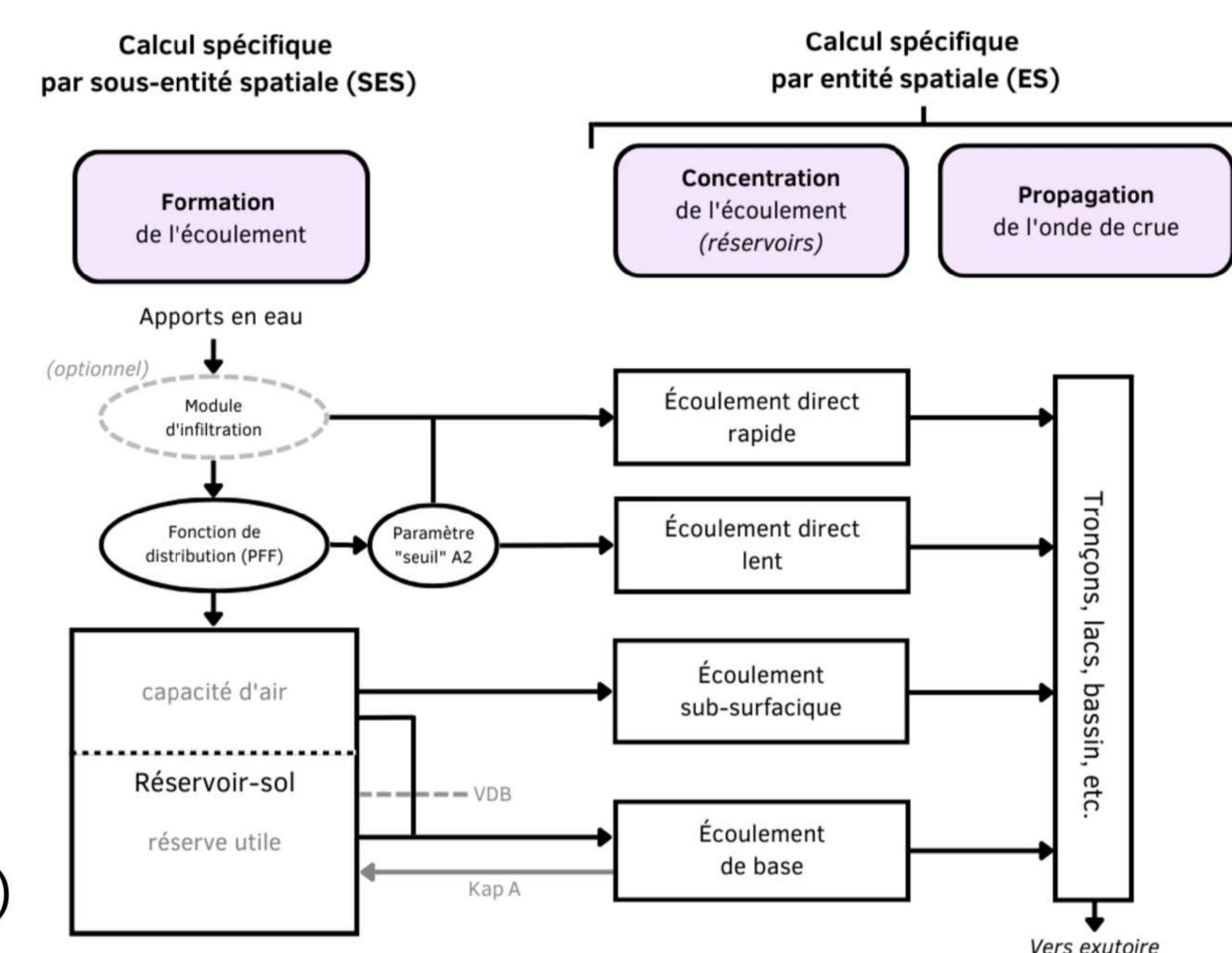


Figure 3. Représentation schématique de la formation des écoulements dans LARSIM (Haag et al. 2022)

2. Modélisation des crues soudaines

- LARSIM est utilisé avec succès depuis des années pour la prévision opérationnelle des crues fluviales dans les cours d'eau suite à des précipitations de longue durée.

- Le modèle a été étendu pour les crues soudaines :

- Implémentation de l'approche RoGeR dans LARSIM avec trois processus d'infiltration successifs dans le sol : matrice du sol (approches selon Green & Ampt, modifiées par Peschke 1985), macropores & fentes de retrait
- Activation / désactivation automatique du module lors de fortes intensités de pluie
- Paramètres additionnels nécessaires (conductivité hydraulique, forces de succion, etc.)
- Application satisfaisante du module dans des bassins-versants de test

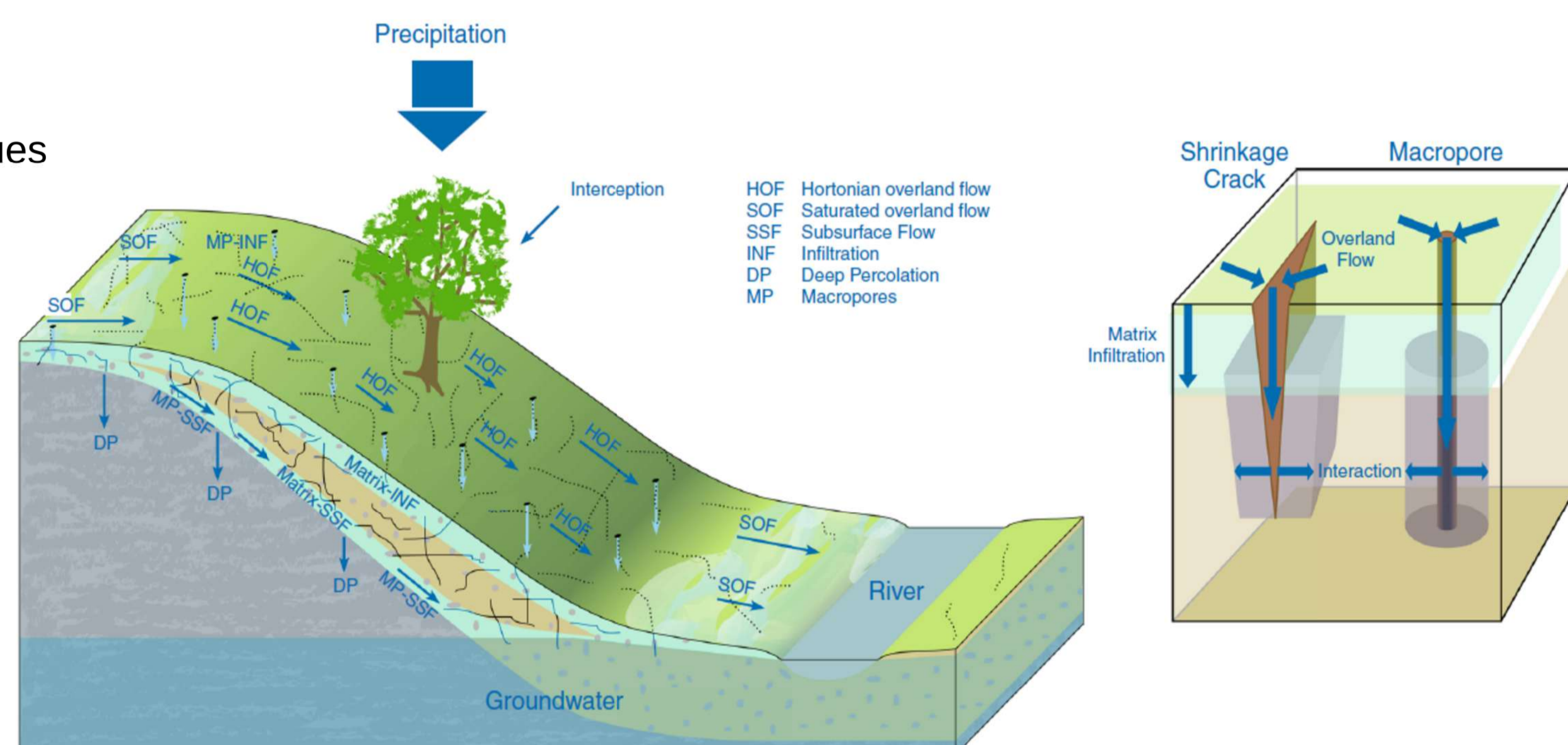


Figure 4. Processus d'écoulements implémenté dans le modèle RoGeR (Steinbrich et al. 2016)

3. Utilisation des prévisions d'ensemble dans LARSIM

Prévisions météorologiques d'ensemble du « DWD » (Deutscher Wetterdienst : service météorologique allemand)
- « Icon-D2-EPS » (prévisions court-terme, 20 membres)

Prévisions météorologiques d'ensemble de Météo-France (en cours d'intégration dans LARSIM)

- « Arôme-PE » (prévisions court terme, 35 membres)
- « Arpège-PE » (prévisions moyen-terme, 12 membres)
- « ECMWF » (prévisions long-terme)

Couplage des prévisions d'ensemble avec les prévisions météorologiques déterministes (court, moyen & long terme)

Affichage graphique et statistique des résultats par station
- Fréquences de dépassement, percentiles, médiane & quantiles 10 % et 90 %

Ergonomie d'affichage pour un confort de prise de décision

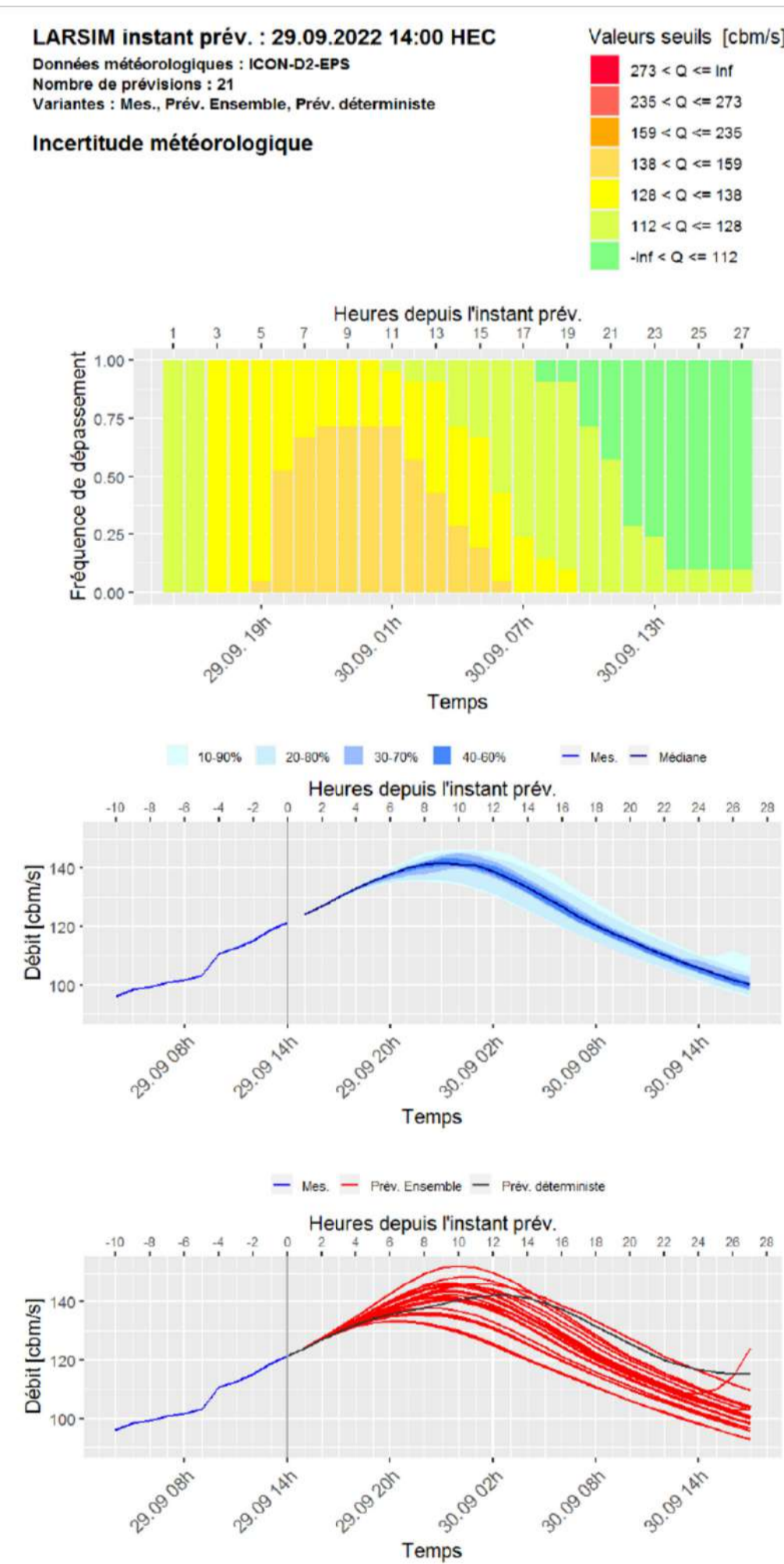


Figure 5. Exemple de résultats d'ensemble superposés avec LARSIM à une station

4. Prévisions régionales avec LARSIM

Prévision par secteurs :

- Regroupement de petits cours d'eau (jaugeages limités, voire inexistant) en zones cohérentes
- Détermination de valeurs-seuils de débits statistiques
- Prévisions basées sur les prévisions météorologiques d'ensemble du DWD

- Changement de couleur :

- En fonction de la combinaison de franchissement des valeurs-seuil à plusieurs stations
- En fonction de l'occurrence statistique (prévisions d'ensemble)

- Automatisation possible des prévisions surfaciques

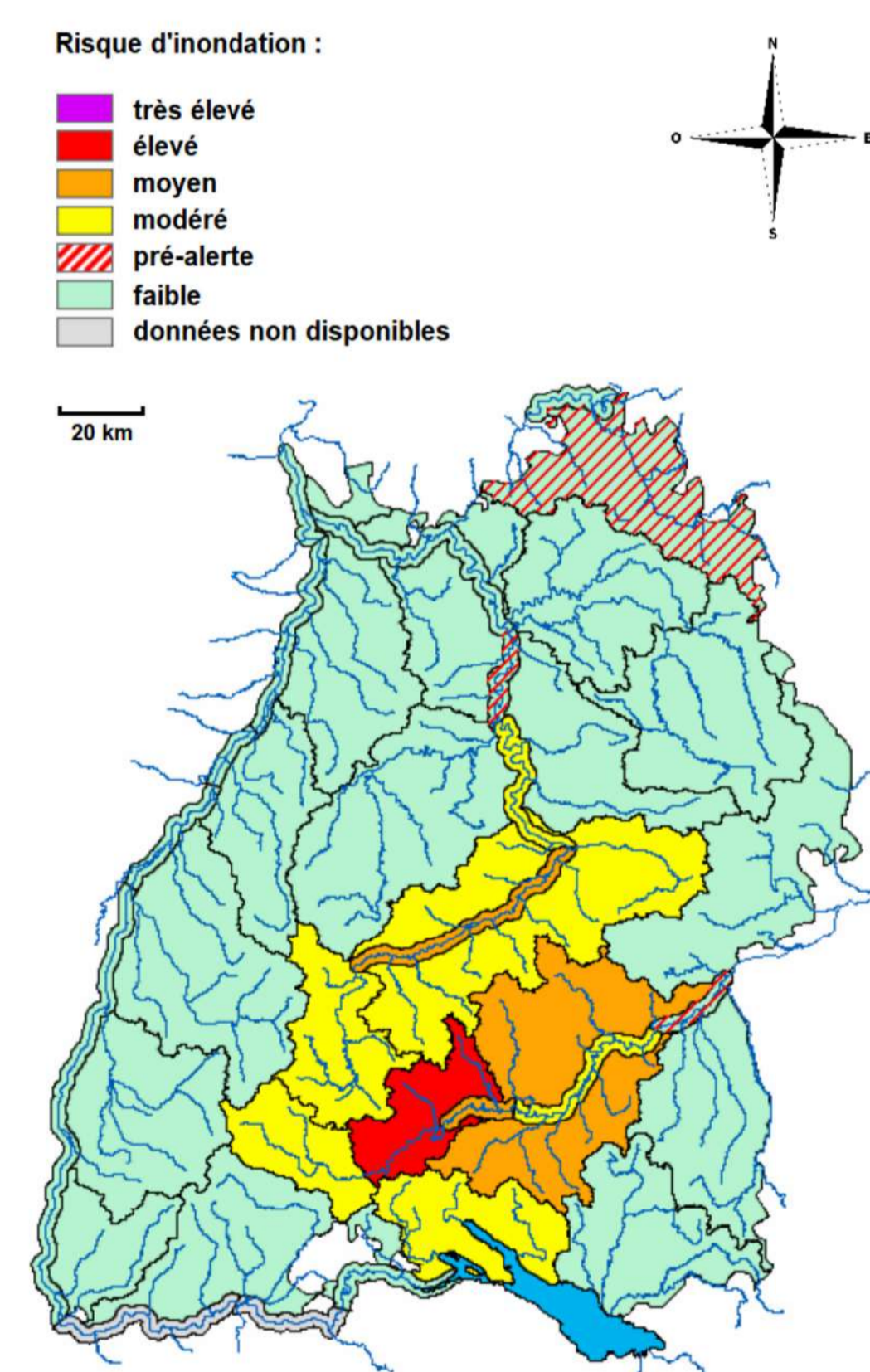


Figure 6. Carte d'alerte régionale de crues fictive en fonction du découpage des bassins versants amonts et fluviaux (LUBW, 2023)

5. Conclusion

- Multiples approches de prévision et de paramétrisation en fonction de la disponibilité des données
- Développement continu de LARSIM dans le cadre d'une coopération internationale et de la communauté des développeurs
- Approches d'infiltration différenciées en cas d'événements intenses : potentiel de modélisation important
- Couplage des prévisions déterministes et ensemblistes : amélioration significative de l'évaluation qualitative de l'incertitude globale
- Intégration future des prévisions météorologiques d'ensemble de Météo-France pour une meilleure analyse des prévisions
- Calcul des prévisions possible en tout point (modèle distribué), quel que soit la taille du bassin versant

Liens utiles

- Le modèle de bilan hydrologique LARSIM : <https://larsim.info/fr/>
- Publications Hydron : <https://www.hydron-gmbh.de/efr/publications/>
- Prévisions du land de la Rhénanie-Palatinat : <https://www.hochwasser.rlp.de/>
- Prévision des crues allemande : <https://www.hochwasserzentralen.de/fr/>

Références

- Bartels J., Bliedernicht J., Seidel J., Bárdossy A., Kunstmann H., Johst M., Demuth N., 2017. *Bewertung von Ensemble-Abflussvorhersagen für die operationelle Hochwasserwarnung*. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung ISSN: 1439-1783, Jg.61, Nr. 5, 2017
- Bremicker M., Brahmner G., Demuth N., Holle F.-K. & I. Haag 2013. *Räumlich hoch aufgelöste LARSIM Wasserhaushaltsmodelle für die Hochwasserwarnung und weitere Anwendung*. KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 6 (9), 509-519.
- Demuth N.; Philipp A. 2018. *Hochwasserfrühwarnung: gemeinsamer Beitrag aus Sachsen und Rheinland-Pfalz*. In: Wasserwirtschaft 108 (2018), Nr. 12, S. 20-24
- Haag I., Krumm J., Aigner D., Steinbrich, A. & M. Weiler, 2022. *Simulation von Hochwasserereignissen in Folge lokaler Starkregen mit dem Wasserhaushaltsmodell LARSIM*. Hydrologie & Wasserbewirtschaftung, 66, (1), 6-27, DOI: 10.5675/HyWa_2022.1
- LEG - LARSIM Entwicklergemeinschaft 2022 : Le modèle de bilan hydrologique LARSIM - Bases du modèle et exemples opérationnels - https://www.larsim.info/fileadmin/files/Dokumentation/Doku_LARSIM_Francais_2022.pdf
- LUBW, 2023. *Hinweise zur Hochwasserwarnkarte*. <https://www.hvz.baden-wuerttemberg.de/>
- Peschke G., 1985. *Zur Bildung und Berechnung von Regenabfluss*. Wissenschaft. Zeitschrift der TU Dresden, Nr. 34(4), 195-200
- Steinbrich A., Leistert H. et M. Weiler, 2016. *Model-based quantification of runoff generation processes at high spatial and temporal resolution*. Environ. Earth Sci. (2016) 75, 1423.