

Prévisions ponctuelles et régionales des crues fluviales  
et des crues soudaines avec le modèle de bilan hydrologique LARSIMPALI Jules <sup>1</sup>, HAAG Ingo <sup>2</sup>, GERLINGER Kai <sup>2</sup>, DEMUTH Norbert <sup>3</sup>

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.

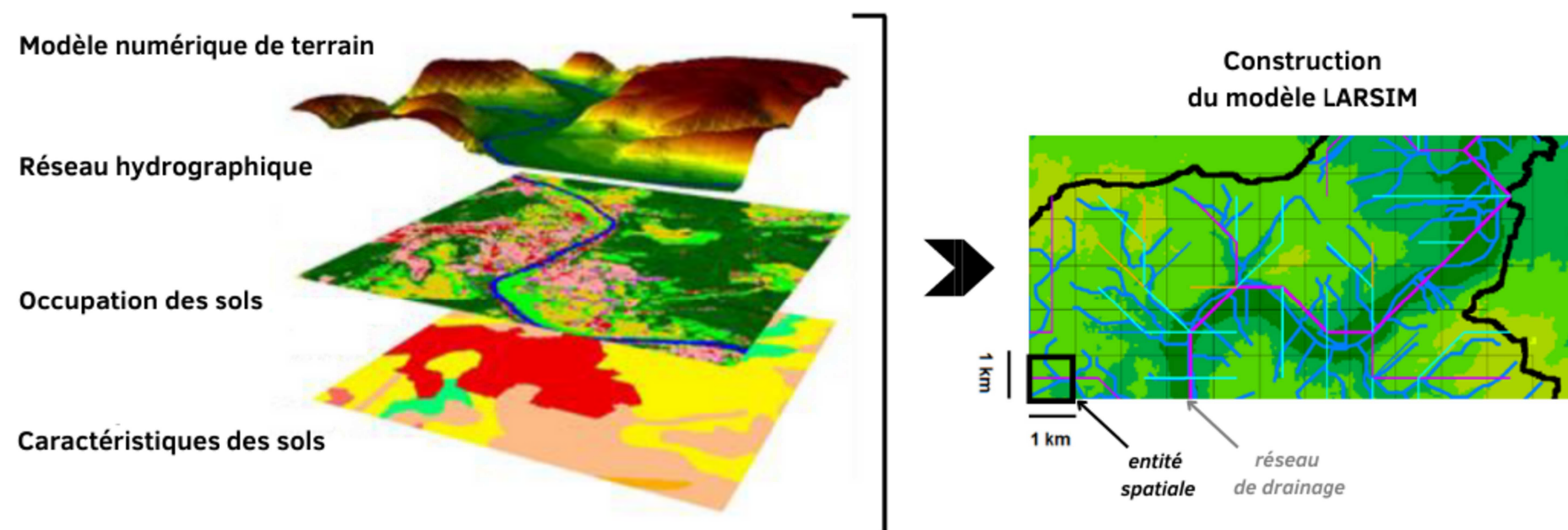


Figure 1. Données de terrain utilisées pour la construction du modèle LARSIM

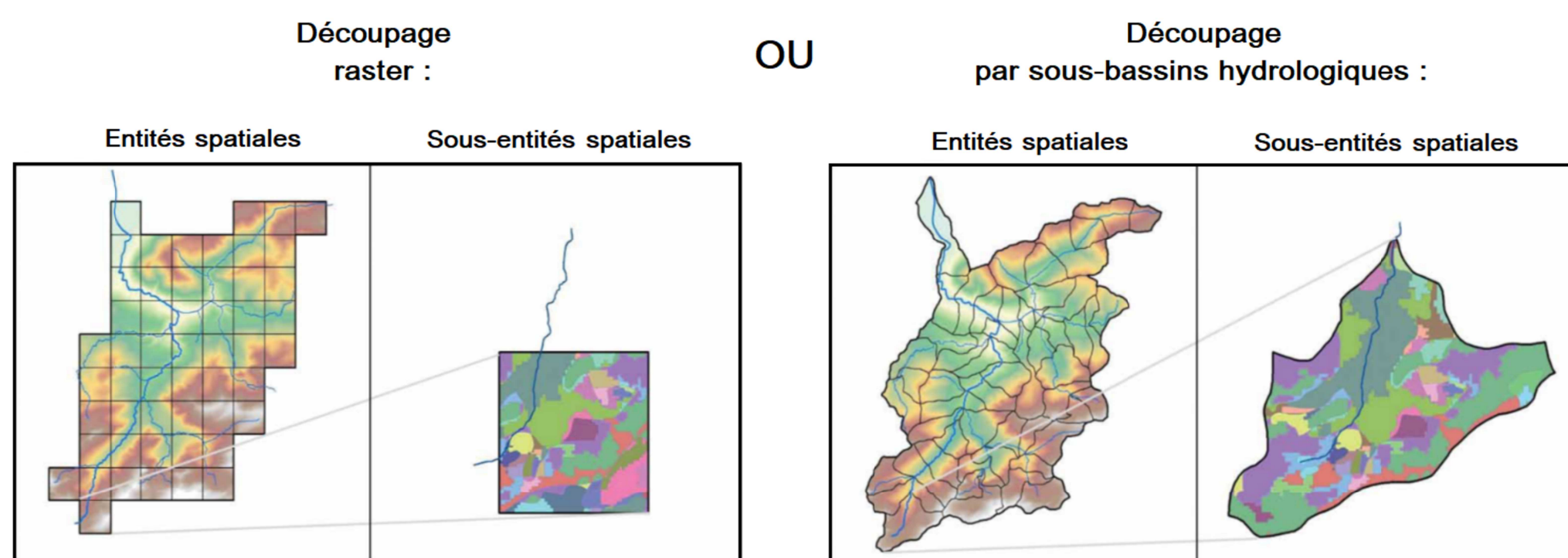


Figure 2. Structure spatiale d'un modèle LARSIM avec découpage raster ou par sous-bassins hydrologiques

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 km<sup>2</sup>)

- 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 km<sup>2</sup>)

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)

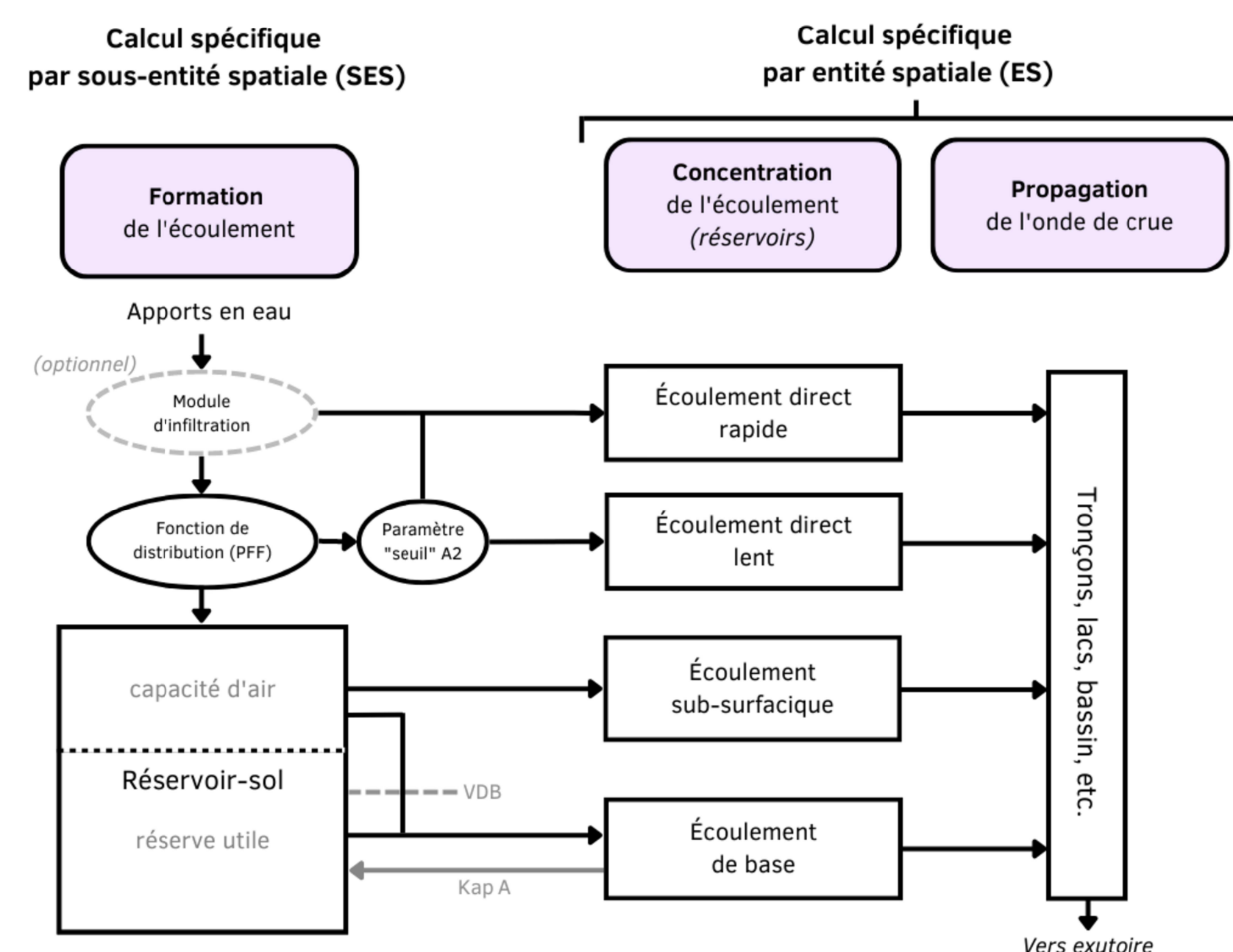


Figure 3. Représentation schématique de la formation des écoulements dans LARSIM (Haag et al. 2022)

## 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

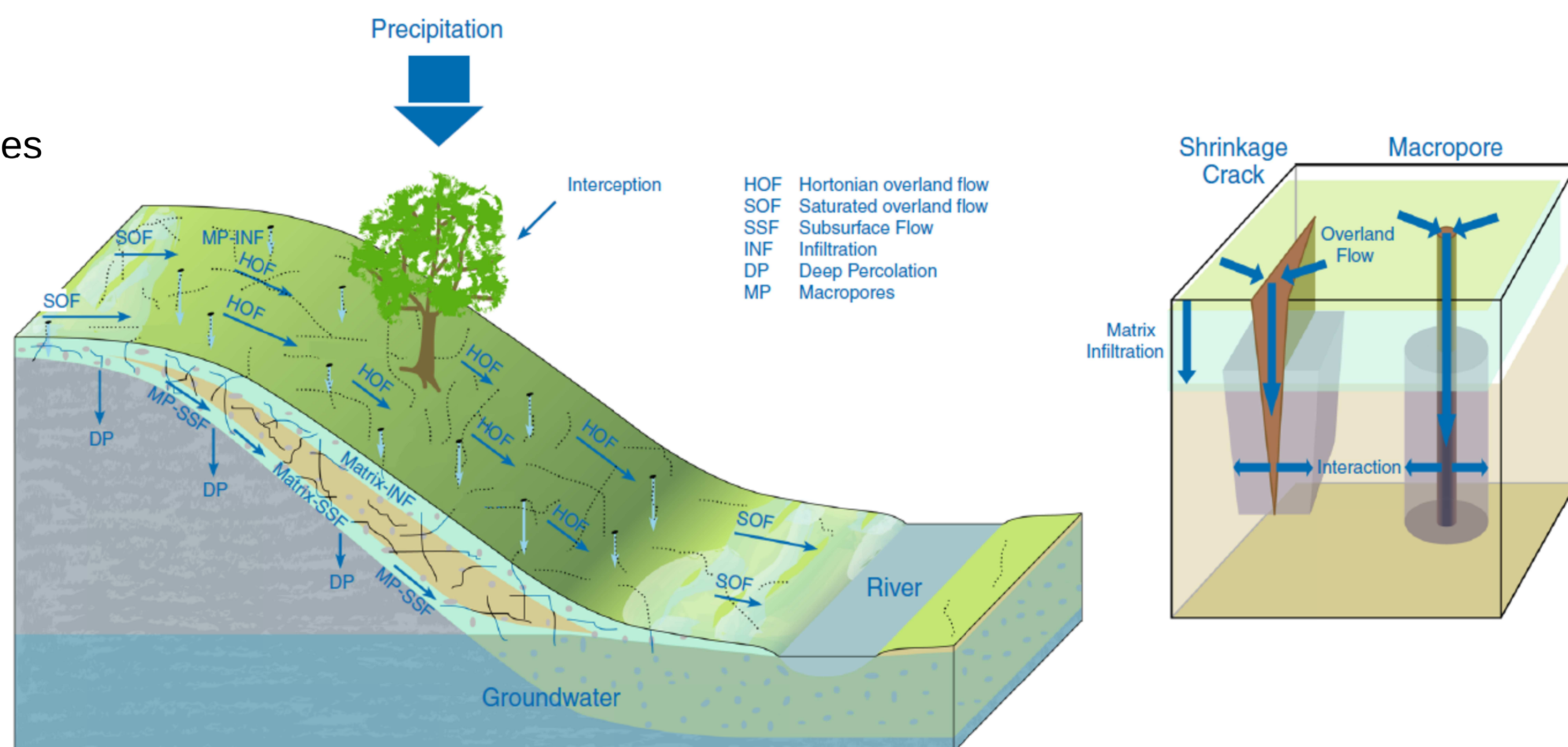


Figure 4. Processus d'écoulements implémenté dans le modèle RoGeR (Steinbrich et al. 2016)

## 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

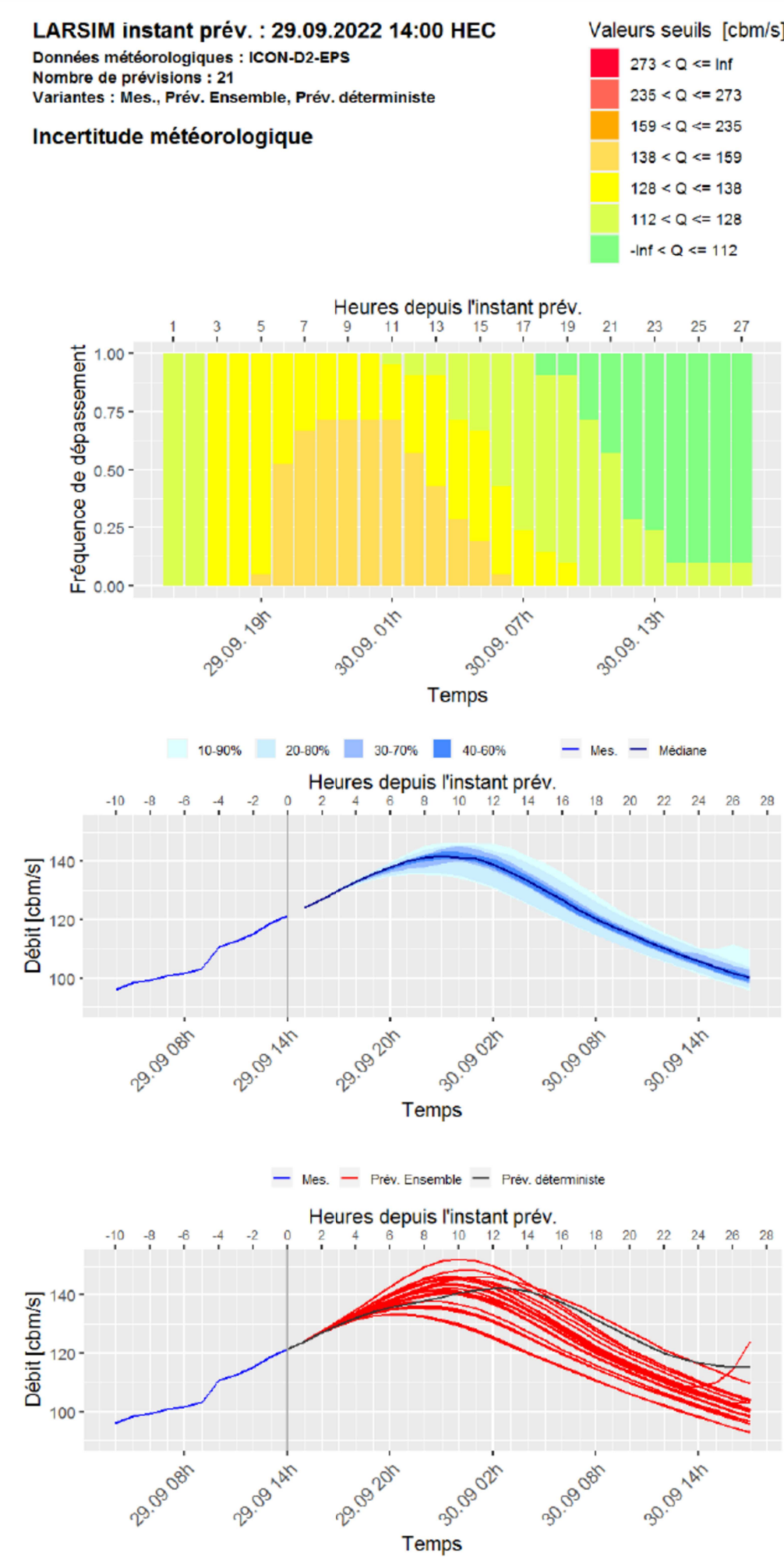


Figure 5. Exemple de résultats d'ensemble superposés avec LARSIM à une station

## 4. Prévisions régionales avec LARSIM

Prévision par secteurs :

- Regroupement de petits cours d'eaux (jaugeages limités, voire inexistants) 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

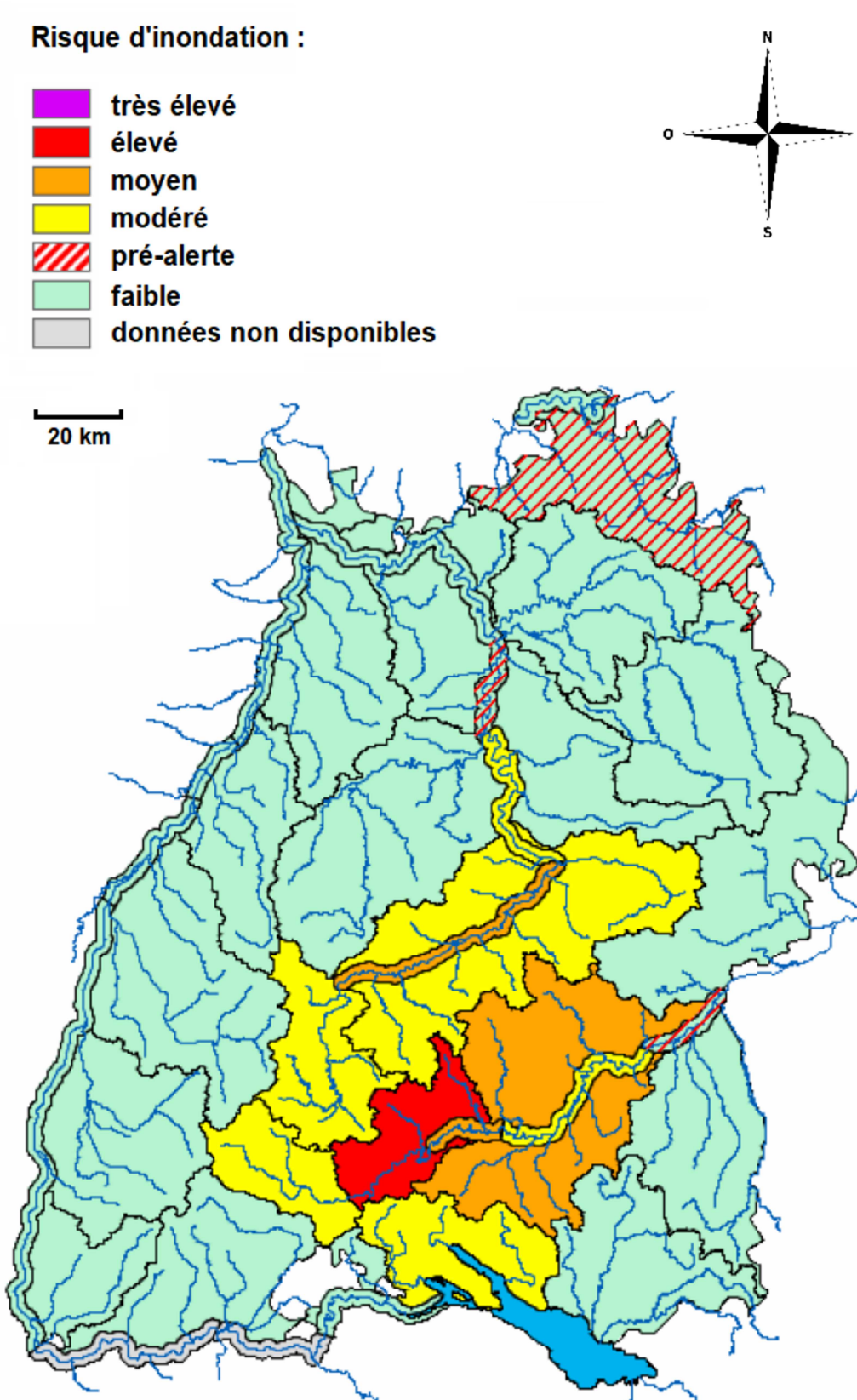


Figure 6. Carte d'alerte régionale de crues fictive en fonction du découpage des bassins versants amonts et fluviaux (LUBW, 2023)

## 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

## 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., Brahmer G., Demuth N., Holle F.-K. & I. Haag 2013. Räumlich hoch aufgelöste LARSIM Wasserhaushaltsmodelle für die Hochwasservorhersage 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. Wissensch. 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.

## 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/>