

Options de la sous-maille en hydrologie dans SURFEX-ISBA

Nour El Isslam KERROUMI ¹

Abstract

Dans les modèles atmosphériques, la répartition des précipitations entre infiltration et ruissellement a une influence majeure sur le bilan hydrique terrestre, et donc sur le temps ou le climat. Des modèles de routage fluvial sont désormais disponibles pour convertir le ruissellement simulé en débit fluvial, offrant une bonne opportunité de valider les modèles de surface terrestre à l'échelle régionale. Cependant, compte tenu de la faible résolution des modèles atmosphériques globaux, la qualité des simulations hydrologiques est très dépendante de divers processus intervenant à des échelles spatiales non résolues. Cet article se concentre sur l'application et la maîtrise du modèle hydrologique SURFEX-ISBA et sa paramétrisation des processus hydrologiques de sous-maille. Deux simulations, en mode offline, ont été réalisées sur le bassin versant du Viaur situé au Sud-Ouest de la France (Aveyron – Laguépie), en utilisant le modèle de surface SURFEX-ISBA incluant différents jeux de paramétrisation liés à la variabilité sous-maille de topographie, précipitations et propriétés de la surface terrestre. La première simulation utilise la version 3 couches sans aucune paramétrisation de ruissellement sous-maille et la seconde avec un sol multicouche avec ruissellement sous-maille utilisé dans la chaîne Safran-Isba-Modcou. Les deux simulations sont comparées aux prises de débit observé par la station hydrologique de Laguépie sur l'Aveyron située sur le bassin versant du Viaur. Le bassin est petit et les observations sont au pas de temps journalier, c'est pourquoi le ruissellement SURFEX-ISBA est directement comparé au débit. D'une manière générale, les résultats indiquent que le modèle est adapté aux simulations hydrologiques et montre une meilleure simulation du débit fluvial dans le bassin versant du Viaur.

Keywords

Ruissellement SURFEX-ISBA, Bassin versant du Viaur, station hydrologique "O5572910", la chaîne Safran-Isba-Modcou

¹ Office national de la météorologie, Dar El Beida, Alger

*Correspondant: N.Kerroumi, email: n.kerroumi@meteo.dz

Contents

1	Introduction:	1
2	Présentation du bassin du Viaur	1
3	Methodologie	2
3.1	Simulations réalisées	2
3.2	La chaîne Safran-Isba-Modcou (SIM)	2
4	Résultats et discussion	3
5	Conclusion	4
	References	5

1. Introduction:

Au cours des dernières années, une attention de plus en plus grande a été portée à la répartition des précipitations entre infiltration et ruissellement à la fois météorologique et climatique des modèles. En effet, il a été démontré que le bilan hydrique de surface terrestre simulé a un fort impact sur l'atmosphère sus-jacente sur une large gamme d'échelles spatiales et temporelles. Par exemple, des études basées sur les modèles de circulation générale atmosphérique (AGCM) ont montré que l'humidité du sol exerce une influence significative à la fois sur la variabilité et la prévisibilité du climat

(voir Douville 2003 pour une brève revue [1]). Malheureusement, l'humidité du sol est encore méconnue sur la plus grande partie du globe, car les mesures in situ sont très rares et les techniques de télédétection ne sont que partiellement efficaces. En conséquence, les modèles de routage fluvial sont désormais fréquemment utilisés pour convertir le ruissellement en débit fluvial, et ainsi valider le bilan hydrique de surface terrestre simulé dans les modèles climatiques sur de grands bassins fluviaux (Douville et al. 2002 [2][3]; Ducharne et al. 2003 [3]) [4].

L'objectif principal de cette étude c'est d'appliquer le modèle hydrologique SURFEX-ISBA pour identifier les débits en simulant les processus pluie-débit pour le bassin versant du Viaur. Les paramètres d'entrée du modèle ont été extraits de l'analyse SARFAN. Le bassin versant a été choisi vu la disponibilité des données d'observation.

2. Présentation du bassin du Viaur

Le bassin versant du Viaur est inclus dans le bassin Tarn Aveyron, ensemble appartenant au grand bassin Adour Garonne. Il s'étend sur une longueur de 70 km pour une largeur d'environ 20 km soit une superficie de 1 561 km². Le Viaur prend sa source au sud du Puech Del Pal sur la commune de Vézins du Lézou, à une altitude de 1090 mètres. Il

serpente d'Est en Ouest, à travers deux grandes régions naturelles : le Lévezou et le Ségala. Après un parcours de 163 kilomètres, il conflue avec l'Aveyron à Saint Martin Laguépie (département du Tarn) et Laguépie (département du Tarn et Garonne) à une altitude de 150m [5].

La station hydrométrique O557 2910 (point rouge dans Figure 1) est une station standard située dans la commune de Saint-Martin-Laguépie, à une altitude de 146 mètres.

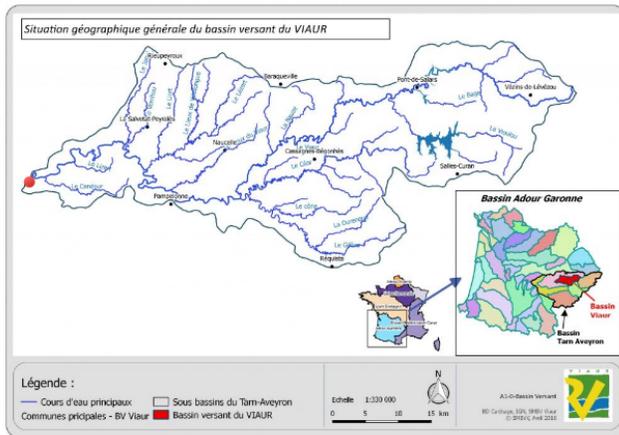


Figure 1. Situation géographique du bassin versant du Viaur [5]

3. Methodologie

3.1 Simulations réalisées

Nous avons lancé deux simulations en mode offline avec la version 8.1 de SURFEX. Dans la première simulation, nous avons utilisé la version 3 couches sans aucune paramétrisation de ruissellement sous-maille et dans la deuxième, nous avons utilisé un sol multi-couche avec ruissellement sous-maille telle qu'elle dans la chaîne « Safran-Isba-Modcou »[6]. Le fichier de forçage est extraits de l'analyse SAFRAN. L'arrangement des blocks des namelists principales NAM_ISBA et NAM_SGH_ISBAn pour les deux simulations est donné dans les blocks 1 et 2. Les sous-maille de drainage et de ruissellement XUNIF_WDRAIN et XUNIF_RUNOFFB sont initialisés par les valeurs 0.001 et 0.5, respectivement. Nous avons utilisé 12 patches pour avoir les mes propriétés de la surface terrestre.

Dans le block de namelist NAM_SGH_ISBAn, nous avons activé la formule de ruissellement sous-maille de Dumenil et Todini (1992) (CRUNOFF= "DT92") et le profil exponentiel Ksat en profil homogènes (CKSAT="DEF").

Block 1: 3 couches sans aucune paramétrisation de ruissellement sous-maille.

&NAM_ISBA

```
YCLAY           = 'clay_fao',
YCLAYFILETYPE  = 'DIRECT',
YSAND           = 'sand_fao',
YSANDFILETYPE  = 'DIRECT',
```

```
XUNIF_RUNOFFB  = 0.5,
XUNIF_WDRAIN   = 0.001,
CPEDO_FUNCTION= 'CH78',
CISBA          = '3-L',
CPHOTO         = 'NON',
NPATCH        = 12,
CALBEDO        = 'MEAN',
/
&NAM_SGH_ISBAn
CRUNOFF        = "DT92",
CKSAT          = "DEF",
CRAIN          = "DEF",
CHORT          = "DEF",
```

Block 2: un sol multi-couche avec ruissellement sous- maille.

&NAM_ISBA

```
YCLAY           = 'clay_fao',
YCLAYFILETYPE  = 'DIRECT',
YSAND           = 'sand_fao',
YSANDFILETYPE  = 'DIRECT',
XUNIF_RUNOFFB  = 0.5,
XUNIF_WDRAIN   = 0.001,
CPEDO_FUNCTION= 'CH78',
CISBA          = 'DIF',
CPHOTO         = 'NON',
NPATCH        = 12,
CALBEDO        = 'MEAN',
/
```

&NAM_SGH_ISBAn

```
CRUNOFF        = "DT92",
CKSAT          = "DEF",
CRAIN          = "DEF",
CHORT          = "DEF",
/
```

3.2 La chaine Safran-Isba-Modcou (SIM)

La chaine Safran-ISBA-Modcou a été développée grâce à une coopération entre le CNRM-GAME et le Centre de Géosciences ParisTech. Elle simule les écoulements d'eau et d'énergie en surface, l'évolution des débits fluviaux et des grands aquifères. Ce modèle a été introduit en 2003 dans l'environnement opérationnel de Météo-France et continue d'être utilisé dans de nombreuses activités de recherche [7].

La chaîne est composée de trois modèles :

- **SAFRAN** : C'est un système d'analyse méso-échelle qui fournit des variables atmosphériques près de la surface. Il utilise des observations de surface, combinées à l'analyse de modèles météorologiques pour produire les données d'entrée météorologiques du modèle de surface terrestre ISBA. Ces paramètres (température, humidité, vent, précipitations solides et liquides, rayonnement solaire et infrarouge incident), sont analysés tous les 300m d'altitude. Ils sont ensuite interpolés sur une grille régulière (8 x 8 km).

- **ISBA (Interaction Sol-Biosphère-Atmosphère)** : Il simule les échanges d'eau et d'énergie entre le sol et l'atmosphère. La version utilisée dans la chaîne SIM simule 3 couches de sol (surface, zone racinaire, zone profonde) et deux températures (température globale de surface de la végétation et température du sol en profondeur). ISBA simule les flux d'eau avec l'atmosphère (interception, évaporation, transpiration) et le sol (ruissellement des pluies et drainage dans le sol). Son pas de temps est de 5 minutes.
- **MODCOU** : C'est un modèle hydrologique distribué. Il utilise en entrée le ruissellement et le drainage ISBA pour calculer l'évolution des eaux souterraines (actuellement seuls les aquifères de la Seine et du Rhône sont simulés) et du débit fluvial (900 points actuellement simulés). Son maillage de calcul varie de 64 à 1 km selon les limites des bassins versants et du réseau fluvial. Son pas de temps est de trois heures.

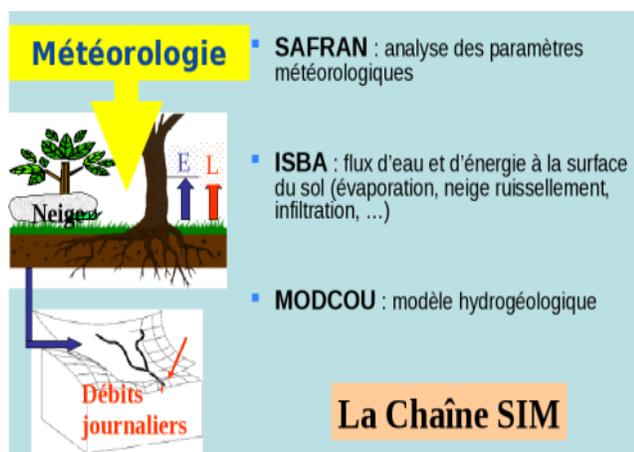


Figure 2. Schéma de la chaîne Safran-Isba-Modcou (SIM) [7].

4. Résultats et discussion

L'évolution des débits observés (courbe noire) et simulés par les deux configurations de SURFEX 3-L et DIF (courbes rouge et bleu, respectivement) pour la période du 02 août 2000 au 31 juillet 2005 a été représentée dans la figure 3. D'une manière générale les courbes des débits simulés par les deux configurations suivent celle observée et ce durant toute la période d'étude. Durant les périodes hivernales (figure 4, 5 et 6), en terme de quantité, les valeurs des débits simulés sont en concordance avec les observations. Toutefois nous constatons que la plupart des pics simulés par la configuration SURFEX sans la paramétrisation du ruissellement sous-grille (3-L) sont meilleurs par rapport à ceux simulés par SURFEX avec la paramétrisation du ruissellement sous-maille (DIF).

Table 1. Les moyennes annuelles des Bias (mm/jour).

Année	Bias 3-L	Bias DIF
2001	0.068	0.069
2002	-0.004	-0.044
2003	-0.152	-0.132
2004	-0.047	-0.045
2005	-0.139	0.079

La figure 7 représente la variation quotidienne du BIAS pendant toute la période d'étude. On constate que les amplitudes des biais quotidiens durant les périodes estivales ne dépassent pas 7 mm/jour. La valeur maximale est enregistrée la journée du 05/12/2003 avec un écart de 6.6mm/jour pour la simulation SURFEX 3-L et la journée du 02/05/2004 avec un écart de 5.9 mm/jour pour la simulation SURFEX DIF. On constate aussi que les variations annuelles des amplitudes de la simulation obtenues par la paramétrisation du ruissellement sous-maille "DIF" sont plus élevées que celles de la simulation sans paramétrisation du ruissellement sous-maille "3-L" durant les années 2001 et 2002 contrairement aux années 2003, 2004 et 2005. Les moyennes annuelles des biais sont données par le tableau "Table 1".

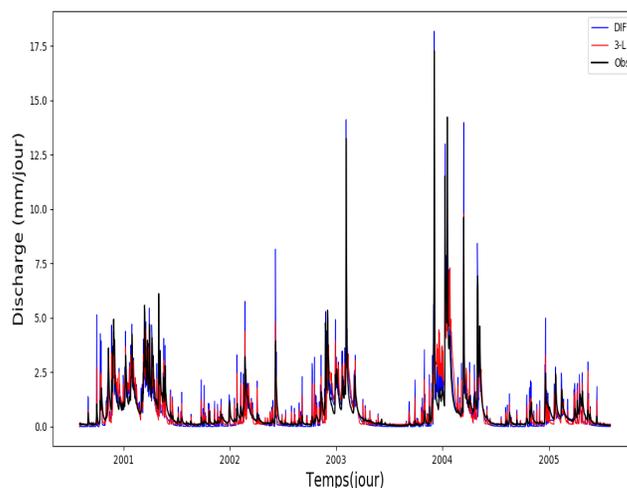


Figure 3. Débit observé et les débits simulés par les deux configurations de SURFEX.

La figure 8 représente la variation quotidienne du RMSE pendant toute la période d'étude, on constate que les amplitudes journalières dans les périodes estivales sont quasiment nulles et dans les périodes hivernales ne dépassent pas 7 mm/jour. La valeur maximale est enregistrée au 05/12/2003 avec un écart de 6.6mm/jour pour la simulation SURFEX 3-L et au 02/05/2004 avec un écart de 5.9 mm/jour pour la simulation SURFEX DIF. On constate aussi dans les variations annuelles que des amplitudes de la simulation obtenues par la paramétrisation du ruissellement sous-maille "DIF" sont plus élevées que celles de la simulation sans paramétri-

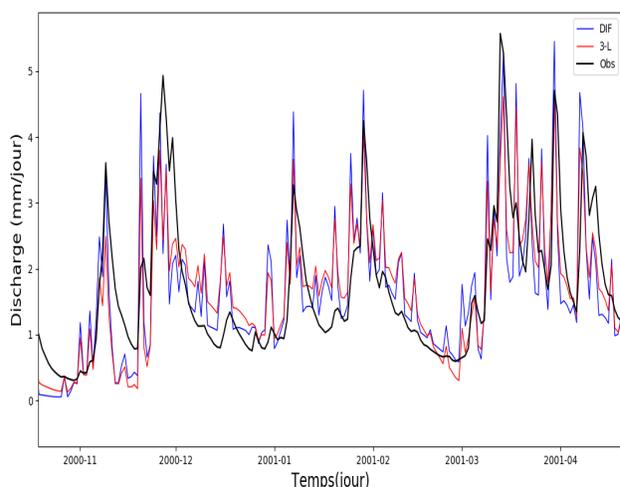


Figure 4. Débit observé et les débits simulés par les deux configurations de SURFEX durant la période hivernale 2000-2001.

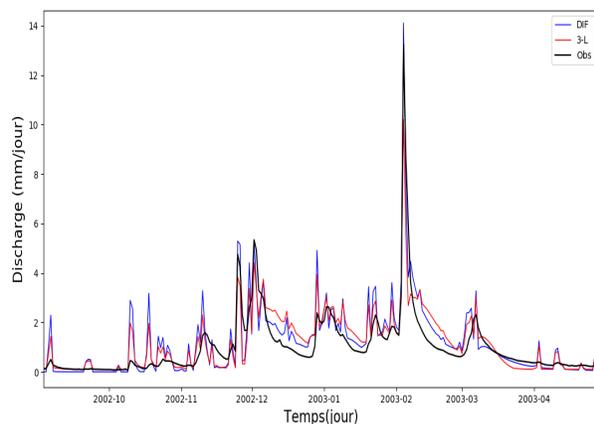


Figure 5. Débit observé et les débits simulés par les deux configurations de SURFEX durant la période hivernale 2002-2003

sation du ruissellement sous-maille “3-L” durant toutes les années sauf l’année 2003. Les moyennes annuelles des RMSEs sont données par le tableau “Table 2”.

Table 2. Les moyennes annuelles du RMSE (mm/jour).

Année	Bias 3-L	Bias DIF
2001	0.32	0.40
2002	0.32	0.37
2003	0.39	0.36
2004	0.41	0.42
2005	0.27	0.29

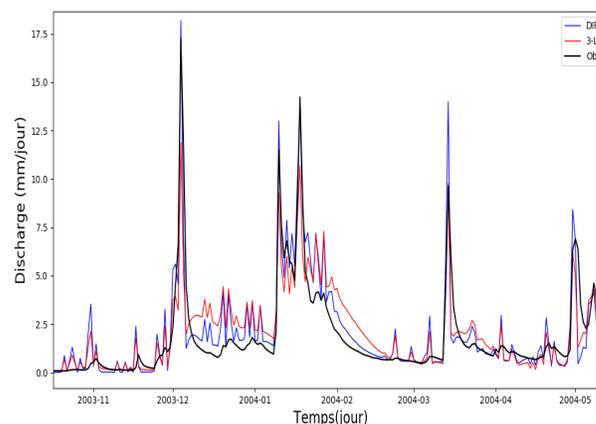


Figure 6. Débit observé et les débits simulés par les deux configurations de SURFEX durant la période hivernale 2003-2004.

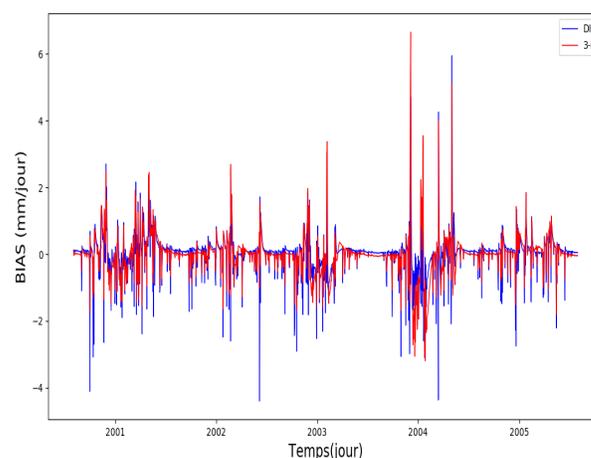


Figure 7. Variation quotidienne des Biais en (mm/jour).

5. Conclusion

Ce travail nous a permis de se familiariser avec la partie hydrologique du modèle de surface externalisé SURFEX-ISBA. Nous avons réussi à l’installer, le compiler et réaliser un exercice en mode offline sur le bassin versant du VIAUR en activant les deux paramétrisations hydrologiques : sans paramétrisation du ruissellement sous-maille (3-L) et avec paramétrisation du ruissellement sous-maille (DIF). Les résultats obtenus de cet exercice nous permet de conclure :

- les deux simulations ont reproduit d’une façon satisfaisant les pics de débit de ruissellement observés.

- les scores obtenus par la simulation 3-L sont meilleurs par rapport à ceux de DIF.

Dans la perspective de mettre en place un système de prévision des risques d’inondation à l’ONM en collaboration avec l’ANRH, cette étude sera reproduite sur nos

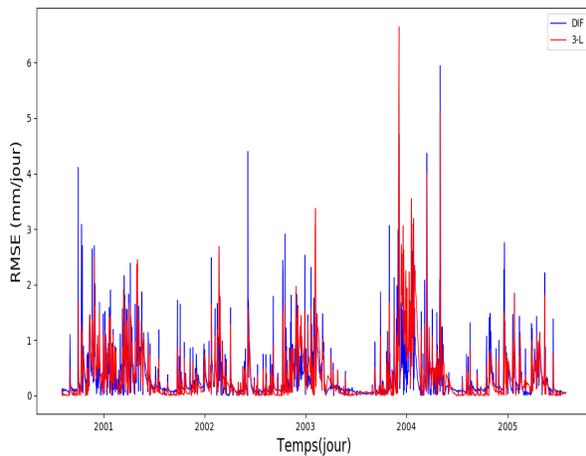


Figure 8. Variation quotidienne du RMSE en (mm/jour).

bassins versants. À terme, ce système pourrait avoir un impact significatif sur la prévention des dommages liés aux inondations dans notre pays et aider les pouvoirs publics dans leur prise des décisions.

References

- [1] H Douville. Assessing the influence of soil moisture on seasonal climate variability with agcms. *Journal of Hydrometeorology*, 4(6):1044–1066, 2003.
- [2] H Douville, F Chauvin, S Planton, J-F Royer, D Salas-Melia, and S Tyteca. Sensitivity of the hydrological cycle to increasing amounts of greenhouse gases and aerosols. *Climate Dynamics*, 20:45–68, 2002.
- [3] Agnès Ducharne, Catherine Golaz, Etienne Leblois, Katia Laval, Jan Polcher, Emmanuel Ledoux, and Ghislain de Marsily. Development of a high resolution runoff routing model, calibration and application to assess runoff from the lmd gcm. *Journal of Hydrology*, 280(1-4):207–228, 2003.
- [4] B Decharme and H Douville. Introduction of a sub-grid hydrology in the isba land surface model. *Climate dynamics*, 26:65–78, 2006.
- [5] Epage-Viaur. La commission locale de l’eau et le comité de rivière, 2022.
- [6] Vincent Vionnet et al. The surfexv8.1 land surface model user’s guide. <http://www.umr-cnrm.fr/surfex/IMG/pdf/surf-v8-1d.pdf>, 2012. [Online; accessed April 5, 2023].
- [7] CNRM-GAME. Surfex: A surface externalisée. <http://www.umr-cnrm.fr/spip.php?article424&lang=en>, 2021. [Online; accessed 5-April-2023].