



HAL
open science

Première modélisation des débits générés par la tempête Alex (octobre 2020) dans les Alpes-Maritimes

Pierre Brigode

► **To cite this version:**

Pierre Brigode. Première modélisation des débits générés par la tempête Alex (octobre 2020) dans les Alpes-Maritimes. Géoazur, UMR 7329, 250 rue Albert Einstein, Université Sophia Antipolis, 06560 Valbonne. 2021. hal-03894853

HAL Id: hal-03894853

<https://hal.science/hal-03894853v1>

Submitted on 12 Dec 2022

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.

Première modélisation des débits générés par la tempête Alex (octobre 2020) dans les Alpes-Maritimes

Pierre BRIGODE, Université Côte d'Azur (UMR Géoazur)

1 Objectif

Ce rapport vise à présenter la méthodologie utilisée pour modéliser des débits générés par la tempête Alex au droit de 105 exutoires situés dans les bassins du Var amont, de la Tinée, de la Vésubie, de la Bévéra et de la Roya (cf. Figure 1). Une comparaison des débits simulés avec ceux estimés au droit de quatre stations hydrométriques de la DREAL PACA (la Tinée à Tournefort, la Vésubie à Utelle, la Bévéra à Sospel et la Roya à Tende) est réalisée.

Il s'agit de résultats préliminaires, à consolider avec une analyse de sensibilité et une comparaison avec d'autres modèles plus complexes et potentiellement plus « réalistes ».

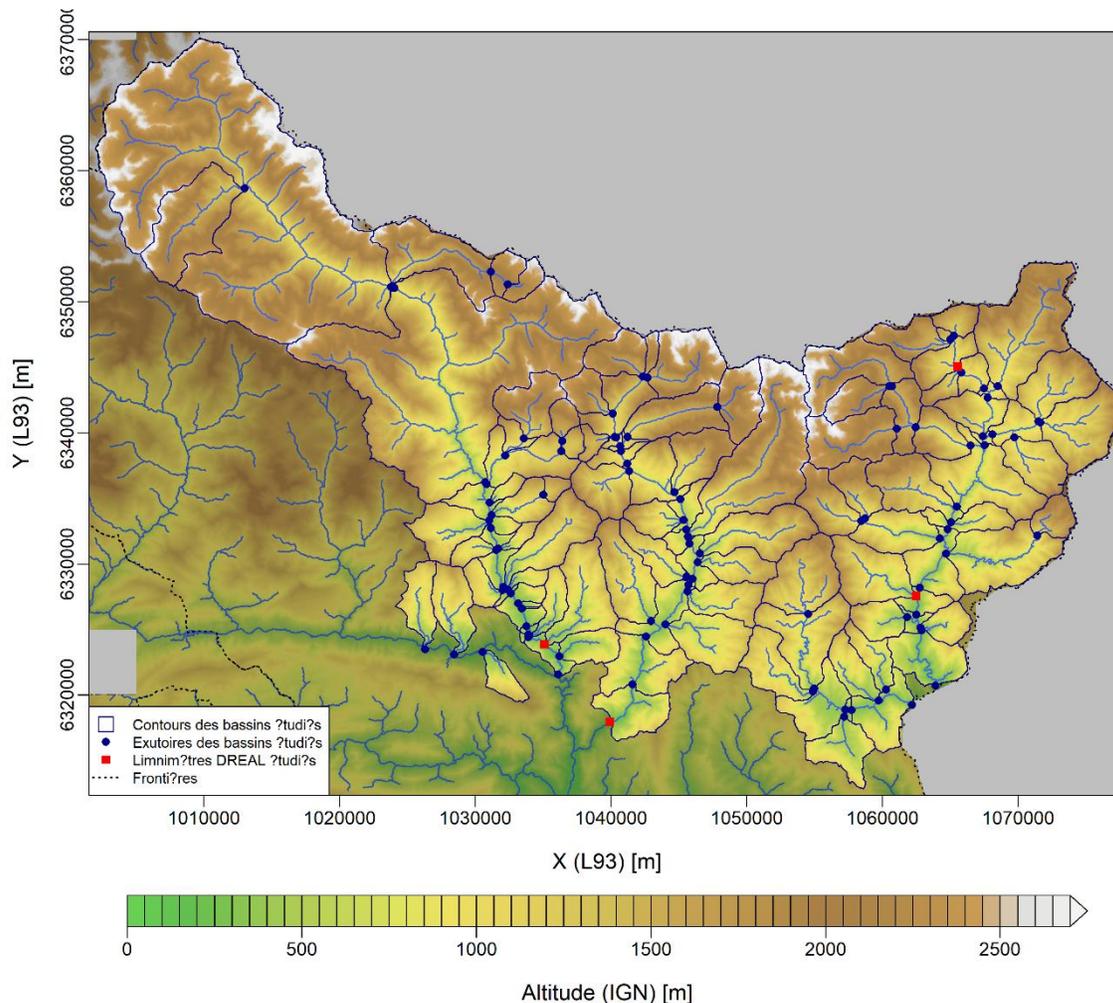


Figure 1 : contours des 105 bassins versants étudiés dans cette étude et position des 4 stations hydrométriques de la DREAL considérées dans cette étude.

2 Méthodologie

Le modèle évènementiel semi-distribué KLEM (*Kinematic Local Excess Model*, Borga *et al.*, 2007) a été utilisé dans cette étude. Ce modèle a été récemment testé pour la modélisation des crues d'octobre 2015, de novembre et décembre 2019 sur les fleuves côtiers de la Côte d'Azur (Brigode *et al.*, soumis en 2021). La fonction de production du modèle est celle du SCS-CN, développée en 1954 par le *USDA Soil Conservation Service (SCS)*, et décrit dans les versions successives du *SCS National Engineering Handbook*. Le transfert est assuré par hydrogrammes unitaires constitués par une simple analyse géomorphologique de chaque sous-bassin versant. Les sections suivantes visent à décrire ce modèle et ses conditions d'application.

2.1 Fonction de production SCS-CN

La fonction de production SCS-CN permet d'estimer, à partir de la pluie brute et pour chaque bassin versant étudié, la pluie nette à chaque pas de temps. Ce calcul dépend d'un seul paramètre, nommé CN (pour *Curve Number*, sans unité), qui reflète la capacité d'infiltration du bassin versant étudié (fonction du type de sol, de l'occupation des sols, des pluies antécédentes, etc.). CN varie entre 30 et 100 [-] : un bassin versant caractérisé par un CN de 100 est un bassin versant n'ayant aucune capacité d'infiltration (pluie nette = pluie brute), alors qu'un bassin versant caractérisé par un CN de 30 est un bassin avec une très grande capacité d'infiltration (pluie nette \ll pluie brute). Si les valeurs de CN peuvent être estimées à partir d'analyses géomatiques et hydrogéologiques de chaque sous-bassin versant, différentes valeurs de CN ont été considérées dans cette étude : CN variera, pour chaque bassin versant, entre 30 et 100 par pas de 10.

2.2 Fonction de transfert KLEM

Le modèle KLEM (Borga *et al.*, 2007) est constitué d'une fonction de transfert basé sur un hydrogramme unitaire construit à la suite d'une analyse géomatique des bassins versants étudiés. Cette analyse vise à estimer, en premier lieu, les distances entre chaque maille du territoire étudié et les exutoires d'intérêts. Une distinction est faite entre la distance parcourue sur les versants de celle parcourue en rivière (i.e. au sein du réseau hydrographique, estimé a priori) : la vitesse d'écoulement sur les versants (fixée ici à 0.2 [m/s]) est supposée plus lente que celle en rivière (fixée ici à 5 [m/s]). Ces distances ont été estimées à partir d'une analyse du MNT réalisée via les fonctions de la version 5 du logiciel [TauDEM](#). Elles ont ensuite été utilisées pour calculer, pour chaque maille x appartenant à un bassin versant étudié, le temps de transfert τ (en [s]) entre cette maille x et l'exutoire considéré :

$$\tau(x) = \frac{L_h(x)}{v_h} + \frac{L_c(x)}{v_c}, \text{ avec :} \quad (1)$$

- $L_h(x)$: distance entre la maille « x » et l'exutoire considéré parcourue sur les versants [m] ;
- v_h : vitesse de déplacement sur les versants [m/s].
- $L_c(x)$: distance entre la maille « x » et l'exutoire considéré parcourue en rivière [m] ;
- v_c : vitesse de déplacement en rivière [m/s].

L'estimation de ces temps de parcours sur chaque maille du territoire étudié est ensuite utilisée pour calculer le débit simulé, au pas de temps t , à chaque exutoire étudié (noté Q et exprimé en m^3/s) par l'expression suivante :

$$Q(t) = \int_A q[t - \tau(x), x] dx, \text{ avec :} \quad (2)$$

- A : surface drainée en amont de la maille « x » [km^2] ;
- q : pluie nette estimée au pas de temps « t » et à la maille « x » [m/s].

Aucun débit de base initial n'est considéré dans cette étude.

3 Données utilisées

3.1 Données géomatiques

Le MNT « RGE ALTI » de l'IGN (2018) à la résolution 5 [m] a été utilisé pour cette étude, pour la définition de directions d'écoulement, du réseau hydrographique (ici constitué par les mailles drainant plus de 10^5 mailles, soit 2.5 km²), des contours et des surfaces des bassins versants, ainsi que des distances d'écoulement sur les versants et en rivières. Ce MNT a été produit, dans la région étudiée, en 2008.

3.2 Données pluviométriques

3.2.1 *Lame d'eau Météo-France*

Dans un premier temps, l'estimation de pluies ANTILOPE (Laurantin, 2008) a été utilisée. Si cette base de données est produite de manière routinière par Météo-France en fusionnant (i) les lames d'eau estimée par les données issues de la mosaïque de radars et (ii) les cumuls de précipitation relevés dans les pluviomètres du réseau d'observation, ce processus a été enrichi pour cet épisode particulier. Ainsi, les séries de précipitations horaires issues de 40 pluviomètres additionnels (pluviomètres italiens, d'EDF, de laboratoires de recherche, d'amateurs...) ont été assimilés en plus des pluviomètres du réseau de Météo-France pour produire une version « spéciale » du produit ANTILOPE dédiée à l'analyse de la tempête Alex sur les Alpes-Maritimes. Ce travail a été réalisé par Météo-France fin 2020. Le produit ANTILOPE utilisé dans cette étude est disponible au pas de temps horaire, sur une grille de 1 km². La Figure 2 illustre les cumuls ANTILOPE estimés lors de l'épisode Alex.

3.2.2 *Lame d'eau EDF*

Une deuxième lame d'eau a ensuite été utilisée. Cette lame d'eau a été produite par EDF, en fusionnant, heure par heure, la lame d'eau ANTILOPE produite en temps réel avec les cumuls observés sur 58 pluviomètres (dont 36 horaires) par krigeage avec dérivé externe (Paquet, 2021). Cette lame d'eau est disponible au pas de temps horaire, sur une grille de 1 km². La Figure 2 illustre les cumuls EDF estimés lors de l'épisode Alex.

3.1 Données hydrométriques

Les débits estimés au droit de 4 stations hydrométriques de la DREAL PACA ont été considérés dans cette étude, et sont représentés en rouge sur la Figure 4. Des informations additionnelles produites par le SPC MedEst et la DREAL PACA concernant (i) l'heure du pic de crue et (ii) l'estimation des débits de pointe au droit de chaque station ont également été considérées. Ces informations sont « *des données brutes qui pourront être réévaluées après une étude des événements par la DREAL PACA et le SPC Med-Est, sur chaque site* » (DREAL PACA, 2020). Ainsi, les « *débits [sont] associés aux hauteurs mesurées en l'état des connaissances au 07/10/2020* » (SPC Med-Est, 2020). Ces informations sont reportées dans le Tableau 1 et représentées sur la Figure 4.

Tableau 1 : heure du pic de crue et estimation du débit de pointe au droit de 4 stations hydrométriques de la DREAL PACA (DREAL PACA et SPC Med-Est 2020).

Station	Station « HS » pendant la crue ?	Heure du pic (HL)	Estimation du pic (m ³ /s)
Tinée@Tournefort	Non	16:30 (2020-10-02)	940 ± 20%
Vésubie@Utelle	Oui	17:45 (2020-10-02)	> 700 ± 20%
Bévéra@Sospel	Non	22:45 (2020-10-02)	170 ± 30%
Roya@Tende	Oui	19:00 (2020-10-02)	> 365 ± 20%

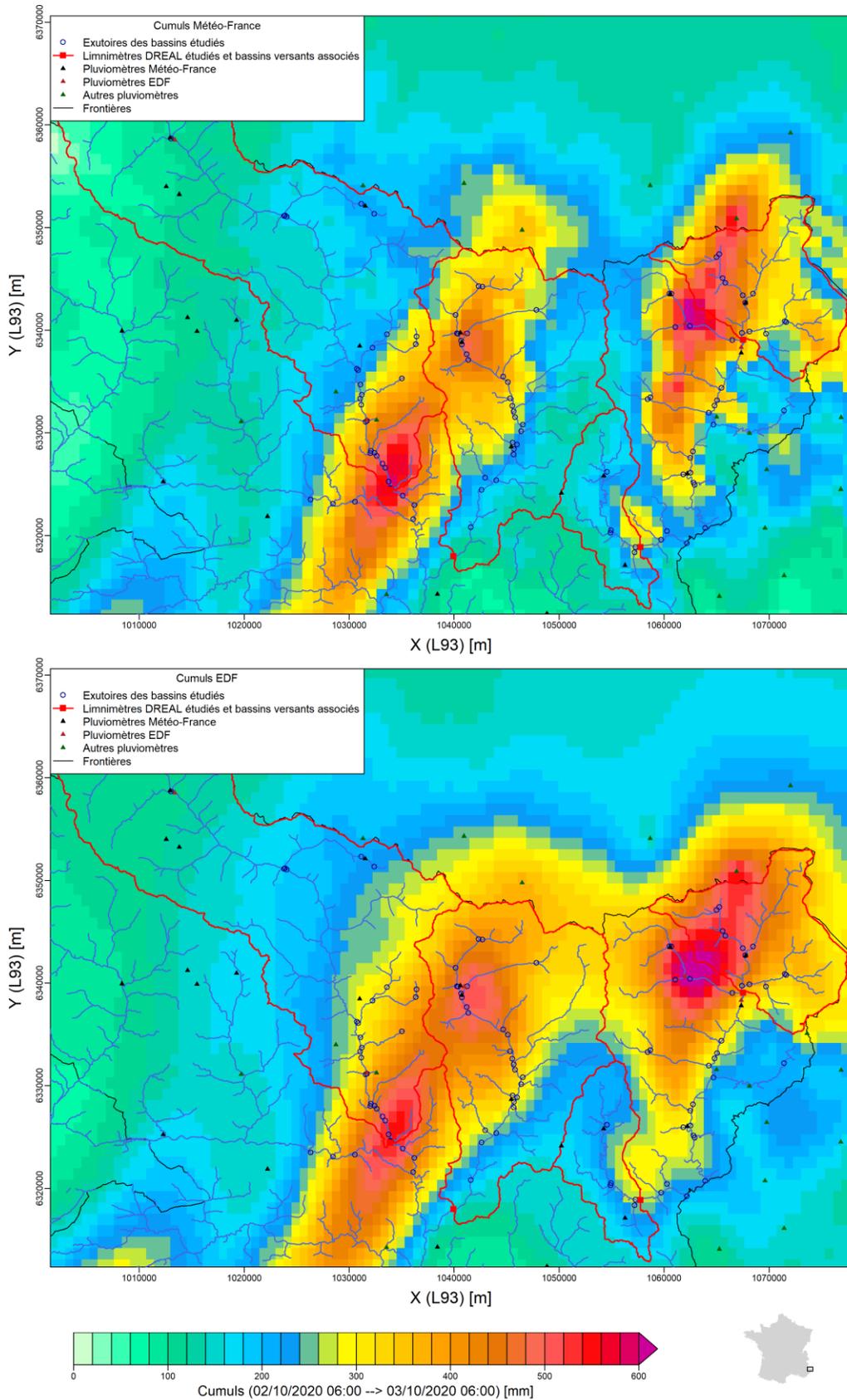


Figure 2 : cumuls ANTILOPE (en haut) et EDF (en bas) estimés lors de la tempête Alex.

4 Résultats obtenus

4.1 Différence entre les lames d'eau Météo-France et EDF

La Figure 3 présente la différence entre les cumuls estimés par Météo-France (ANTILOPE) et ceux estimés par EDF. Les cumuls EDF sont en majorité plus importants que ceux estimés par Météo-France, et notamment sur l'amont de la Vésubie (vallée de la Gordolasque) et de la Roya, où les cumuls EDF sont supérieurs de plus de 100 [mm] à ceux de Météo-France. Les cumuls EDF sont moins importants sur certaines zones (aval de la Tinée, moyenne Roya).

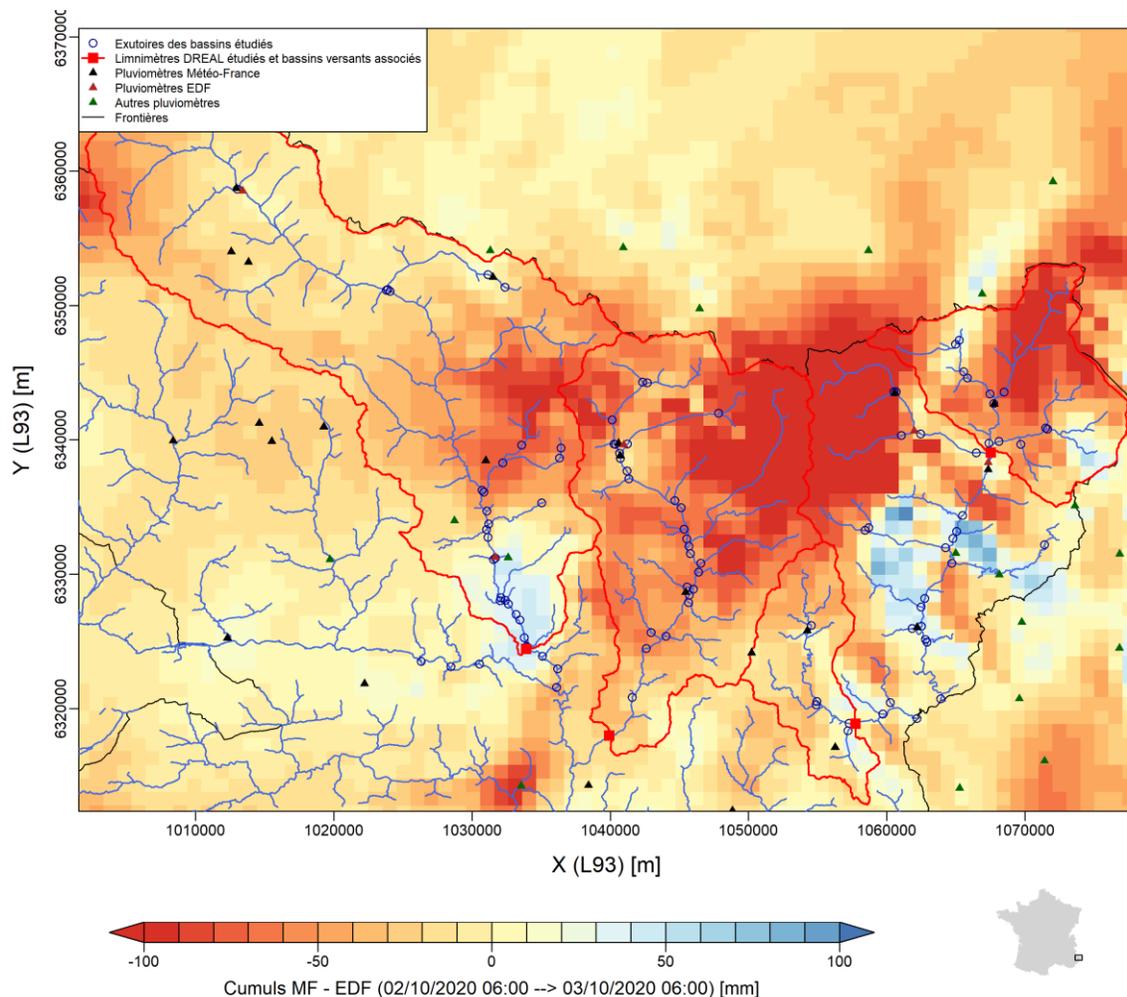


Figure 3 : différence entre les cumuls ANTILOPE et EDF.

4.2 Simulations de débits

La Figure 4 présente les simulations obtenues au droit de 4 stations hydrométriques en considérant les deux lames d'eau disponibles, afin de les comparer aux observations disponibles. La première ligne de simulation présente les débits simulés avec des CN allant de 30 à 100 par pas de 10 et en utilisant la lame d'eau Météo-France (ANTILOPE), la dernière ligne présente les débits simulés avec des CN allant de 30 à 100 par pas de 10 et en utilisant la lame d'eau EDF. Enfin, la Figure 5 est un sous-échantillon de ces mêmes simulations, et présente ainsi les simulations obtenues avec des CN de 40, 50 et 60 (pour faciliter la comparaison).

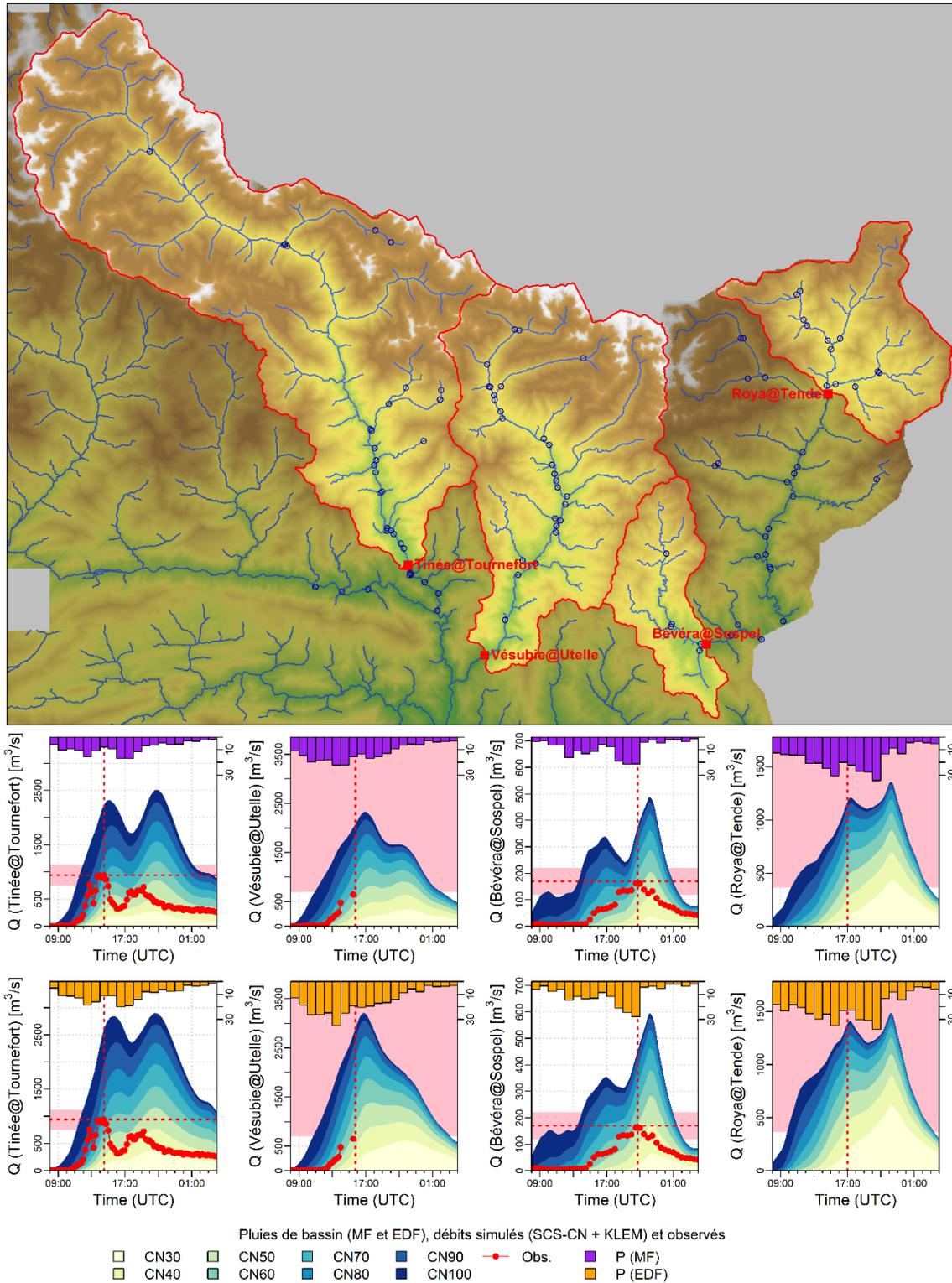


Figure 4 : contours des 4 bassins versants pour lesquels des observations ont été récupérées (stations hydrométriques de la DREAL PACA). La première ligne de résultats (sous la carte) présente les débits obtenus avec des valeurs de CN allant de 30 à 100 par pas de 10 et en utilisant les pluies Météo-France (ANTILOPE), la dernière ligne présente les débits obtenus avec des valeurs de CN allant de 30 à 100 par pas de 10 et en utilisant les pluies EDF.

Pour la **Tinée à Tournefort**, les simulations obtenues avec des valeurs de CN égales à 50 et 60 semblent cohérentes avec les informations disponibles, même si le deuxième pic de débit est surestimé, et tend à être plus important que le premier pic, ce qui n'est pas le cas dans les observations disponibles. La montée des débits simulés semble plus tardive que celles des débits observés. Pour la **Vésubie à Utelle**, la montée des débits simulés avec des CN de 50 et 60 semblent également cohérentes avec les débits estimés au droit de la station avant sa destruction. L'heure estimée du pic de débit (17:45 HL), coïncidant probablement à l'heure de la perte de la station, pourrait ne pas être l'heure réelle du pic de crue : le pic de débit associé à un CN de 50 et produit avec la lame d'eau de Météo-France est postérieur (~23:00 HL). Pour cet exutoire, les débits simulés avec des CN supérieurs à 60 sont maximum lors de ce premier pic de crue (~18:00, HL). Pour la **Bévéra à Sospel**, les débits simulés avec des CN compris entre 40 et 60 semble cohérents avec les observations disponibles, avec néanmoins un potentiel retard du pic de débit simulé. Pour la **Roya à Tende**, la seule indication d'heure du pic de crue (19:00 HL), coïncidant probablement à l'heure de la perte de la station, ne semble pas cohérente avec les simulations de débits et les pluies ANTILOPE : les pics simulés sont postérieurs à cette heure indiquée (~01:00, 03/10/2020, HL).

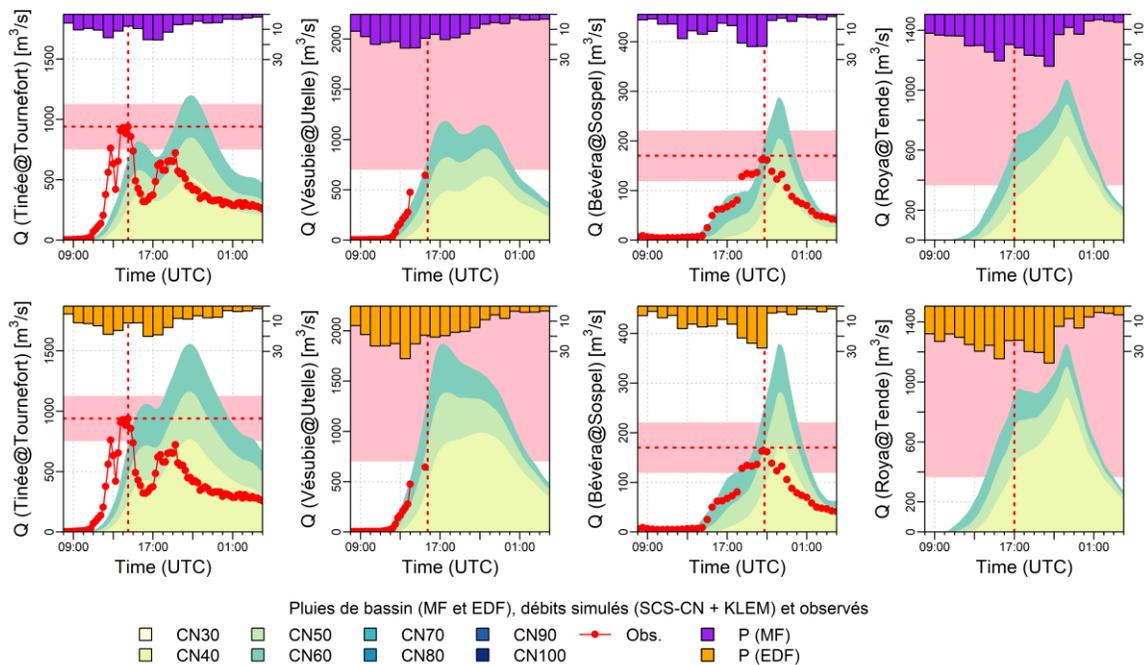


Figure 5 : (en haut) débits obtenus avec des valeurs de CN allant de 40 à 60 par pas de 10 et en utilisant les pluies Météo-France (ANTILOPE). (en bas) les débits obtenus avec des valeurs de CN allant de 40 à 60 par pas de 10 et en utilisant les pluies EDF.

5 Fichiers produits

Les débits simulés avec le modèle KLEM et les différentes valeurs de CN sont regroupés dans un fichier texte pour chacun des 105 bassins versants et pour chaque lame d'eau, et sont exprimés en m³/s (e.g. « `_Q_KLEM_2020.10.02_P1h_ANT_VES_IGN_100k_VIT0250_Boreon_lac.res` » pour les débits simulés au niveau de l'exutoire nommé « *Boreon_lac* » avec la lame d'eau Météo-France) :

- « `Q_KLEM_2020.10.02_P1h_ANT_100k_VIT0250.zip` » → archive ZIP contenant 105 fichiers textes regroupant les simulations faites avec la lame d'eau Météo-France (ANTILOPE).
- « `Q_KLEM_2020.10.02_P_EDF_100k_VIT0250.zip` » → archive contenant 105 fichiers textes regroupant les simulations faites avec la lame d'eau EDF.

Deux fichiers de forme (i.e. shapefile) permettant de trouver la position de chacun des 105 exutoires accompagnent ces fichiers :

- « 105BV_IGN_EXU.shp » → position des 105 exutoires considérés
- « 105BV_IGN_BV.shp » → contours des 105 bassins versants considérés.

Enfin, deux fichiers de formes indiquent, pour chaque exutoire et chaque lame d'eau, les débits maximums (exprimés en m³/s) simulés en fonction des choix de CN réalisés :

- « SHP_QMAX_KLEM_2020.10.02_P1h_ANT_100k_VIT0250.zip » → débits maximums simulés pour chaque exutoire avec la lame d'eau Météo-France (ANTILOPE).
- « SHP_QMAX_KLEM_2020.10.02_P_EDF_100k_VIT0250.zip » → débits maximums simulés pour chaque exutoire avec la lame d'eau EDF.

6 Références bibliographiques

- Borga M, Boscolo P, Zanon F, Sangati M. (2007). Hydrometeorological Analysis of the 29 August 2003 Flash Flood in the Eastern Italian Alps. *Journal of Hydrometeorology*. American Meteorological Society, 8(5): 1049–1067. <https://doi.org/10.1175/JHM593.1>.
- Brigode P, Vigoureux S, Delestre O, Nicolle P, Payrastre O, Dreyfus R, Nomis S, Salvan L. (soumis). Inondations sur la Côte d'Azur : bilan hydro-météorologique des épisodes de 2015 et 2019. *La Houille Blanche*.
- IGN (2018). *RGE ALTI version 2.0. Descriptif de contenu*. 38 pages.
- DREAL PACA (2020). Analyse hydrologique des événements des 2 et 3 octobre 2020 dans le département des Alpes Maritimes. Rapport du 06/10/2020 destiné à Monsieur le Préfet des Alpes Maritimes.
- Laurantin O. (2008). ANTILOPE: Hourly rainfall analysis merging radar and rain gauge data. *Proceedings of the International Symposium on Weather Radar and Hydrology*. Article présenté à l'International Symposium on Weather Radar and Hydrology. Grenoble, France, 2–8.
- Paquet E. 2021. *Production d'une lame d'eau horaire pour le RETEX Alex*. EDF DTG.
- SPC Med-Est. 2020. *Rapport hydrologique sur l'épisode de crues du 02/03 octobre 2020*. Météo-France – Direction Interrégionale Sud-Est. Service de Prévision des Crues Méditerranée Es, 11.