



HAL
open science

Substitution des indicateurs topographiques par une approche à l'aide de géomorphons dans la méthodologie IRIP

Guillaume Barjot, Pascal Breil, Isabelle Braud

► **To cite this version:**

Guillaume Barjot, Pascal Breil, Isabelle Braud. Substitution des indicateurs topographiques par une approche à l'aide de géomorphons dans la méthodologie IRIP. Novatech 2023 : 11e Conférence internationale sur l'eau dans la ville, Jul 2023, Lyon, France. hal-04176937

HAL Id: hal-04176937

<https://hal.science/hal-04176937>

Submitted on 3 Aug 2023

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.

Substitution des indicateurs topographiques par une approche à l'aide de géomorphons dans la méthodologie IRIP

Substitution of topographic indicators by using a géomorphons based classification in the IRIP methodology

Guillaume BARJOT¹, Isabelle BRAUD², Pascal BREIL³

¹ARTELIA guillaume.barjot@arteliagroup.com, ²INRAE, ³INRAE

RÉSUMÉ

Dans le cadre d'un travail d'adaptation de la méthodologie IRIP, de calcul d'Indicateurs du Ruissellement Intense Pluvial, au contexte urbain nous avons réinterrogé la prise en compte de la topographie de la méthode. Le travail présenté s'attache d'abord à la conception d'une nouvelle carte de susceptibilité à l'accumulation permettant de contourner certaines des limites identifiées lorsqu'on s'intéresse à des modèles numériques de terrain à très haute résolution. Nous avons construit la nouvelle carte de susceptibilité à l'accumulation en usant d'une analyse géo-morphométrique intégrale à l'aide d'une classification en géomorphons. Le calcul proposé ne fait plus usage que du seul seuil local de l'aire drainée et lit le relief dans tous les sens, et non plus uniquement dans le seul sens de la pente. Toutefois, il conviendra, avant de statuer sur l'utilisation de cette nouvelle modalité de calcul de Carte de Susceptibilité à l'Accumulation (CSA), de mener une analyse plus approfondie de la classification en géomorphons (non réduite à 10 catégories) pour affiner le tableau d'attribution utilisé. Un travail de validation étendu à plusieurs bassins versants, devra également être mené.

ABSTRACT

In the context of adapting IRIP methodology to the urban context, we have re-interrogated how the model considers topography. The work presented here focuses first on designing a new accumulation susceptibility map to overcome some of the limitations identified in the current approach: presence of local thresholds, complex reliefs, validity domain restricted to rural areas only, ... We have built the new accumulation susceptibility map by using an integral geo-morphometric analysis using a classification in géomorphons. The proposed calculation uses only the local threshold of the drained area and reads the relief in all directions, not only in the direction of the slope. However, before deciding on the use of this new CSA calculation modality, a more thorough analysis of the géomorphons classification (not reduced to 10 categories) should be conducted to refine the allocation table used. A validation work, extended to several watersheds, should also be conducted.

MOTS CLÉS

Cartographie, Géomorphons, IRIP, Ruissellement, Scores,

Un panel de plus en plus conséquent d'études et de travaux fait appel aux méthodologies dites « à scores cartographiques » dans divers domaines de la gestion de la ressource en eau et dans la gestion des risques. Ces approches proposent, à l'aide d'analyse de descripteurs du territoire (occupation du sol, nature du sol, du sous-sol, topographie ...) de mettre en place des indicateurs simples pouvant servir de support d'aide à la décision dans une politique d'aménagement du territoire. Sous réserve d'une ré-interrogation du référentiel d'indicateurs cartographiques (et de leur modalité de calcul), ce type de méthodologies est, par exemple, particulièrement adapté pour étudier la capacité de limiter les conséquences du ruissellement sur les enjeux urbains par la mise en place d'une gestion distribuée, à l'échelle d'un territoire, des aires de production. Dans le cadre de travaux d'adaptation d'un modèle à scores cartographiques (IRIP) au contexte urbain nous avons été amenés à réinterroger la prise en compte de la topographie dans ce modèle. Le modèle urbain devant fonctionner dans une logique amont/aval avec un modèle non-urbain en périphérie, ce travail doit, autant que possible, ne pas être limité au seul contexte urbain mais s'attacher à trouver une description de la topographie également valable en zones non-urbaines.

Nous proposons dans la suite de cet article une méthodologie de prise en compte de la topographie dans une méthode à scores cartographiques permettant d'adresser les principales limites posées par l'approche à score initialement retenue. Le travail d'adaptation porte pour l'instant uniquement sur les zones non-urbaines pour lesquelles nous disposons de données de validation permettant de fiabiliser le calcul du nouvel indicateur.

1 LA METHODE IRIP – LIMITES ACTUELLES DE LA PRISE EN COMPTE DE LA TOPOGRAPHIE

Le modèle à score retenu dans notre travail pour les zones non urbaines est le modèle IRIP (Indicateur de Ruissellement Pluvial Intense) (Dehotin, Breil 2011). La méthode IRIP est une approche « à scores cartographiques » qui cartographie la susceptibilité au ruissellement représentée par 3 cartes principales : les cartes de susceptibilité à la production (CSP), au transfert (CST) et à l'accumulation (CSA). Sans modélisation hydrologique explicite, IRIP consiste en la construction de cartes de scores allant de 0 (aucune susceptibilité) à 5 (susceptibilité élevée) par l'attribution d'indicateurs binaires (valeur 0 ou 1) représentant divers facteurs paysagers spatialement distribués tels que la topographie, l'utilisation des terres et le type de sol.

Des travaux récents sur le modèle IRIP, appliqué suite à des épisodes intenses dans l'Aude (Octobre 2018) et les Alpes-Maritimes (tempête Alex, 2020) (Cerbelaud et al. 2022), ont permis de caractériser l'importance de la prise en compte de la topographie dans la carte de susceptibilité à l'accumulation, principale carte servant à la validation de la modélisation. Ces travaux suggèrent une modification du calcul de CSA sur 10 niveaux (au lieu de 5) ayant pour objet de mieux représenter l'influence de l'indice de Beven (Beven 1983) ainsi que celle de l'indicateur de « production amont ».

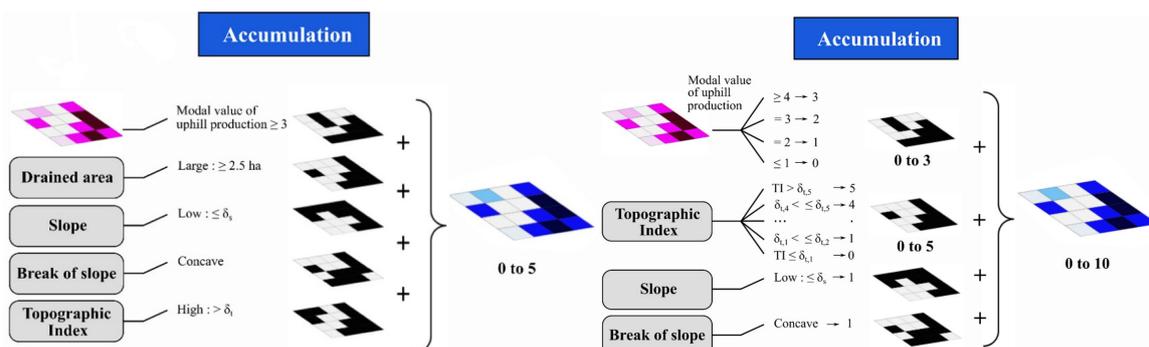


Figure 1 – Algorithme original (à gauche) et modifications suggérées (à droite) du calcul de la Carte de Susceptibilité à l'Accumulation (de 0 – Défavorable à l'accumulation à 5 – Favorable à l'accumulation) (d'après Cerbelaud et al. 2022)

L'indice topographique de Beven propose de détecter les sols potentiellement « hydromorphes » en s'appuyant sur un indice combinant une mesure de l'aire drainée et une mesure de la pente locale. Augmenter sa représentativité dans le calcul (passage de 10% à 50% du score total) constitue une première approche géomorphométrique dans la méthode IRIP. Ce début d'approche par analyse géomorphométrique ne permet cependant pas de répondre aux autres limites de la prise en compte du relief dans le calcul de CSA :

- Les deux propositions d'algorithmes font usages de seuils locaux, à adapter à chaque calcul. C'est le cas des seuils de pente (catégorisation pente faible ou non) mais aussi du seuil de concavité (seuil de courbure mais également distance d'analyse) ou encore des seuils utilisés pour l'indice topographique de Beven.

- Les deux propositions d’algorithmes ne tiennent compte que du sens majoritaire de la pente, excluant les formes plus complexes du relief (dômes, crêtes descendantes, ...). Ces formations complexes (car multidirectionnelles) se retrouvent en milieu rural mais aussi, et surtout, en milieu urbain et péri-urbain. Le calcul de CSA est ainsi moins facilement transposable, avec la nécessité de faire un calcul différencié entre zones urbaines et zones non urbaines sur la prise en compte du relief.
- L’indice de Beven est un indicateur géo-morphométrique proposant de catégoriser le caractère hydromorphe ou non d’un sol. S’il est « calculable » en contexte artificialisé, il y perd son sens de conception. Son utilisation rend le calcul de CSA moins transposable à d’autres cas d’usages, comme les cas urbains et péri-urbains.
- Les deux propositions d’algorithmes font usage d’un calcul d’aire drainée dit « D8 », unidirectionnel et strictement croissant, ne permettant pas la diffusion et présentant des difficultés d’interprétation pour les résolutions topographiques très fines aujourd’hui disponibles (infra-métrique en planimétrie et en altimétrie) (Gruber, Peckham 2009).

2 CALCUL DE LA CSA PAR CATEGORISATION DU RELIEF A L'AIDE DE GEOMORPHONS

Pour adresser ces limites, nous avons mis en place une nouvelle modalité de calcul de CSA basée sur une analyse géo-morphométrique intégrale. Nous avons retenu une catégorisation du relief à l’aide de géomorphons (Stepinski, Jasiewicz 2011). L’algorithme de classification par géomorphons consiste à regarder, pour une distance de recherche donnée et un point d’intérêt déterminé si les points environnants dans les 8 directions cardinales sont plus haut (+), plus bas (-) ou au même niveau (0). On construit ainsi, pour chaque cellule d’un MNT un 8-uplet pouvant prendre 3 valeurs sur chacun de ses éléments constitutifs (Jasiewicz, Stepinski 2013).

En théorie cette méthodologie aboutit à la constitution de 6561 classes de relief. Toutefois, après élimination des symétries et rotation, on aboutit à 498 catégories uniques, qui sont classiquement réduites sur 10 catégories à l’aide d’une table de correspondance comptant le nombre d’éléments plus haut (+ - colonne) et le nombre d’éléments plus bas (- - lignes) pour un 8-tuple donné.

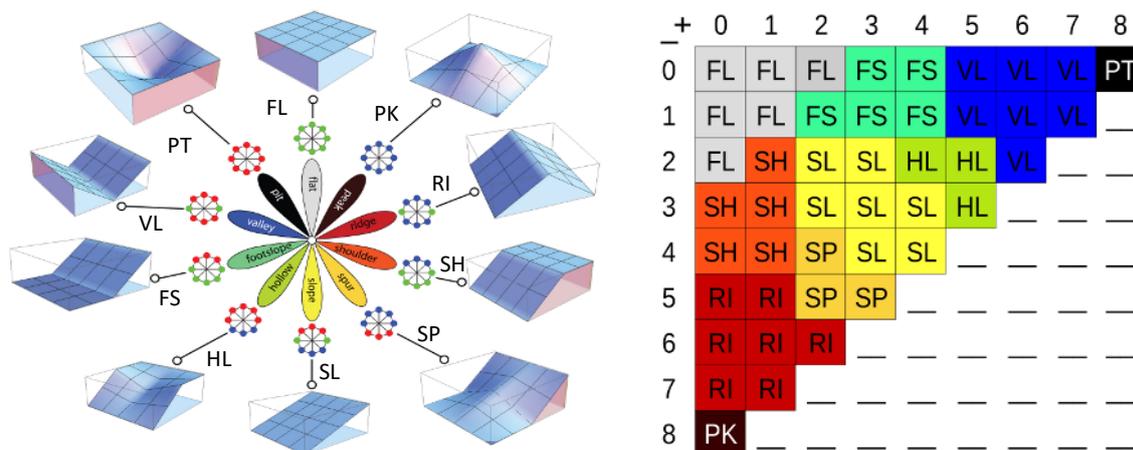


Figure 2 – Table de correspondance et simplification en 10 catégorie (Jasiewicz, Stepinski 2013). FL – Plat, PK – Pic, RI – Crête, SH – Epaulement, HL – Creux, SL – Pente, SP – Eperon, FS – Talus d’assise, VL – Vallée, PT – Fosse.

Par rapport à son calcul original, nous avons modifié la carte de susceptibilité à l’accumulation en remplaçant les indicateurs de pente, rupture de pente et d’indice topographique de Beven par un indicateur unique « géomorphons », codé entre 0 et 3. Dans un premier temps, nous avons travaillé uniquement avec les 10 catégories simplifiées présentées ci-dessus. La table de correspondance suivante a été utilisée.

Tableau 1 – Table de correspondance entre les niveaux de l’indicateur « géomorphons » et les 10 catégories précédentes. FL – Plat, PK – Pic, RI – Crête, SH – Epaulement, HL – Creux, SL – Pente, SP – Eperon, FS – Talus d’assise, VL – Vallée, PT – Fosse

Score	Signification	Géomorphons	Fosse		
			Score	Signification	Géomorphons
0	Formation défavorable à l’accumulation	RI, PK, SL	2	Formation favorable à l’accumulation	HL, FS
1	Formation légèrement favorable à l’accumulation	FL, SP, SH	3	Formation très favorable à l’accumulation	VL, PT

3 RESULTATS ET DISCUSSION

Il s'agit de comparer les scores d'accumulation obtenus par cette nouvelle méthode de calcul :

- Aux scores obtenus sur la même emprise de calcul par le calcul original (sur 5 niveaux). Cette comparaison est menée par analyse du recouvrement des zones d'un score donné et exprimée en taux de recouvrement (on mesure, zone homogène de score par zone homogène de score, la surface couverte dans les deux approches)
- Aux données proxy. C'est-à-dire de comparer les scores élevés d'accumulation obtenus par la nouvelle méthode à des données de dommages en établissant un tableau de contingence entre les scores les plus élevés et les parcelles avec une probabilité de dommage supérieure à 0.5.

Dans les deux cas, nous avons réalisé cette première comparaison sur le bassin versant de la Vésubie dans les Alpes-Maritimes. En effet nous disposons, pour ce bassin versant, d'un jeu de proxy de dommages quasi exhaustif couvrant l'ensemble du bassin versant et obtenu par imagerie satellite après le passage de la tempête Alex.

Le nouveau calcul de la CSA présente visuellement (Fig 4 ci-dessous) une plus grande sélectivité : il ne fait plus ressortir les cours d'eau (comme illustré sur l'extrait de résultats précédent entre C et D) qui sont par ailleurs exclus de l'analyse car l'on s'intéresse ici au ruissellement du versant (Fig4 - B). En dehors de ces zones de « surface en eau », le recouvrement des scores élevés d'accumulation (scores 4 et 5) dépasse 80%. Cette première comparaison visuelle doit néanmoins être complétée par une étude plus détaillée en tenant compte des différences de résolution de calcul (la version modifiée travaille à 1m de résolution alors que la version native d'IP travaille à 25m de résolution)

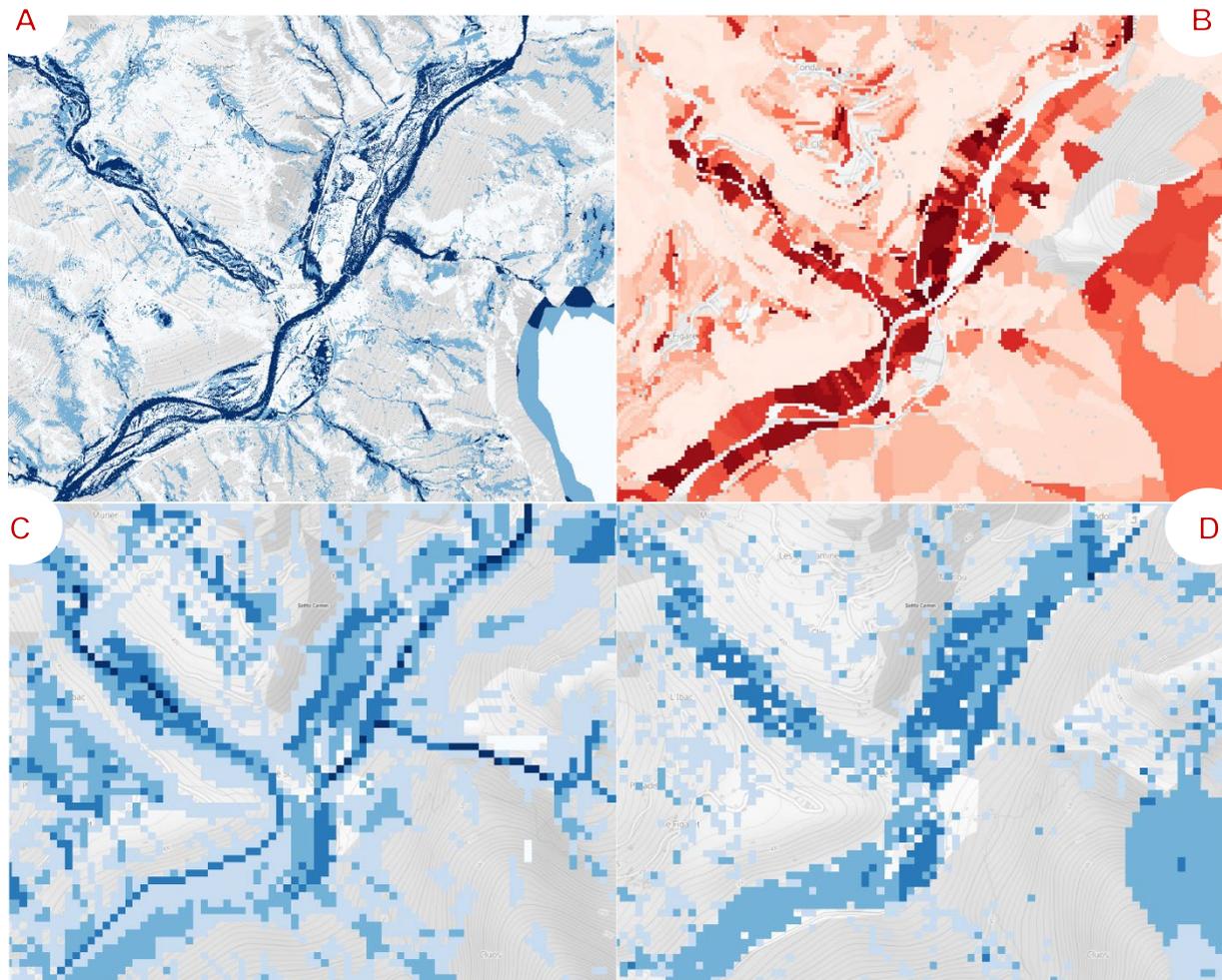


Figure 3 – Extrait de la cartographie des résultats sur le bassin versant de la Vésubie. A – Indicateur Géomorphons seul (0 = transparent, 3 = bleu foncé) / B – Probabilité d'endommagement des parcelles (0% = transparent, 80 % = rouge clair, 100% = rouge foncé) / C – CSA, méthode d'origine (de 3 = bleu clair à 5 = bleu foncé, transparent pour les scores 0 à 2) / D – CSA, nouvelle méthode (de 3 = bleu clair à 5 = Bleu foncé, transparent pour les scores 0 à 2)

Nous avons pu mettre en place une nouvelle modalité de calcul de la carte de la susceptibilité à l'accumulation qui permet d'adresser les principales limites de la prise en compte de la topographie dans la méthode IRIP. Le calcul proposé ne fait plus usage que du seul seuil local de l'aire drainée (calculé selon une classification non supervisée de type k-means). Le relief est lu dans tous les sens, et non plus uniquement dans le seul sens de la pente majoritaire et les concepts mis en œuvre sont utilisables pour d'autres cas de calculs. Toutefois, il conviendra, avant de statuer sur l'utilisation de cette nouvelle modalité de calcul de CSA, de mener une analyse plus approfondie de la classification en géomorphons (non réduite à 10 catégories) pour affiner le tableau d'attribution utilisé. Un travail sur la sensibilité au seuil local d'aire drainée devra également être mené. Enfin, pour disposer d'une carte CSA il faut développer une évaluation plus approfondie, et non limitée au seul contexte du bassin versant de la Vésubie, ainsi que réaliser les comparaisons aux données proxy pour statuer sur la qualité de la prédiction de la nouvelle CSA.

BIBLIOGRAPHIE

Beven, Keith, 1983. *Surface water hydrology—runoff generation and basin structure*. Reviews of Geophysics. Vol. 21, n° 3, pp. 721-30.

Cerbelaud, Arnaud, Breil, Pascal, Blanchet, Gwendoline, Roupioz, Laure et Briottet, Xavier, 2022. *Proxy Data of Surface Water Floods in Rural Areas: Application to the Evaluation of the IRIP Intense Runoff Mapping Method Based on Satellite Remote Sensing and Rainfall Radar*. Water. Vol. 14, n° 3, pp. 393.

Dehotin, J. et Breil, Pascal, 2011. *Rapport technique du projet IRIP : Cartographie de l'aléa ruissellement*. Technical Report. irstea.

Gruber, S. et Peckham, S., 2009. *Chapter 7 Land-Surface Parameters and Objects in Hydrology*. In : Hengl, Tomislav et Reuter, Hannes I. (Éd.), *Developments in Soil Science*. Elsevier. pp. 171-94. Geomorphometry.

Jasiewicz, Jarosław et Stepinski, Tomasz F., 2013. *Geomorphons — a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms*. Geomorphology. Vol. 182, pp. 147-56.

Stepinski, Tomasz F et Jasiewicz, Jaroslaw, 2011. *Geomorphons - a new approach to classification of landforms*. In : *Proceedings of geomorphometry*. Redlands, California. pp. 4.