

HydroSuiteBM Pro

Hydrological Analysis Platform for QGIS

Édition Pro

Manuel utilisateur
Version 1.0

1. Présentation

HydroSuiteBM est un plugin QGIS de délimitation automatique de bassins versants et de calcul de leurs paramètres caractéristiques, à partir d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) et des algorithmes hydrologiques de GRASS GIS (`r.watershed`, `r.stream.extract`, `r.water.outlet`, et optionnellement `r.stream.order`).

Le plugin propose deux modes de délimitation : un mode manuel, où l'utilisateur fournit un ou plusieurs points exutoires, et un mode automatique, qui découpe l'intégralité du MNT en sous-bassins versants, équivalent au comportement natif de la sortie *basin* de `r.watershed`.

2. Prérequis

- QGIS ≥ 3.16 , avec le fournisseur de traitements **GRASS** activé (Extensions > Gérer et installer les extensions > Traitements, ou Traitement > Options > Fournisseurs).
- GRASS 7 ou GRASS 8 installé (fourni avec la plupart des distributions QGIS standalone ; sous OSGeo4W, vérifier que le paquet GRASS est coché à l'installation).
- Optionnel, pour l'ordre de Strahler et les rapports de Horton : extension GRASS `r.stream.order` (installation : `g.extension extension=r.stream.order` dans une console GRASS). Sans elle, le plugin bascule automatiquement sur `r.to.vect` (module du cœur de GRASS), qui fournit le réseau et la densité de drainage mais pas l'ordre de Strahler.

3. Installation

- 1 Téléchargez le fichier .zip de HydroSuiteBM Pro.
- 2 Dans QGIS : Extensions > Gérer et installer les extensions > Installer depuis un ZIP, sélectionnez le fichier téléchargé, cliquez sur Installer le plugin.
- 3 Activez le plugin dans la liste si nécessaire.
- 4 Le plugin apparaît dans le menu HydroSuiteBM Pro et dans la barre d'outils.

4. Chaîne de traitement

- 1 Comblement des dépressions du MNT (`r.fill.dir`) : élimine les cuvettes artificielles qui interrompraient le calcul du drainage.
- 2 Direction et accumulation de flux (`r.watershed`, MFD par défaut) : détermine, pour chaque cellule, la direction d'écoulement et le nombre de cellules amont contributrices.
- 3 Extraction du réseau hydrographique (`r.stream.extract`) : les cellules dépassant un seuil d'accumulation (converti automatiquement depuis une surface en ha/km^2) forment le réseau.
- 4 Délimitation des bassins : mode manuel (calage de l'exutoire puis `r.water.outlet`) ou mode automatique (sortie *basin* de `r.watershed`).
- 5 Calcul des paramètres géométriques, altimétriques et hydrographiques.
- 6 Calcul du talweg principal : plus long chemin hydraulique réel le long du réseau (graphe arborescent enraciné à l'exutoire, parcours en largeur).
- 7 Calcul des temps de concentration.

5. Guide d'utilisation

- 1 Sélectionnez le MNT (raster) à analyser.

- 2 Optionnel : sélectionnez un raster Curve Number (CN) si vous en disposez déjà un, ou construisez-en un avec l'Assistant CN intégré (bouton à côté du sélecteur -- voir section 5bis) à partir de vos propres couches locales d'occupation du sol et de groupe hydrologique de sol. Ceci active le calcul du temps de concentration par la méthode SCS.
- 3 Choisissez le mode : manuel (couche de points exutoires, avec un champ identifiant optionnel) ou automatique (aucun point requis).
- 4 Réglez la surface minimale des sous-bassins (ha ou km²).
- 5 En mode manuel, choisissez la méthode de calage des exutoires (accumulation maximale recommandée, ou réseau extrait).
- 6 Optionnel : cochez l'export Shapefile et choisissez un dossier de sortie.
- 7 Cliquez sur « Lancer le calcul ». Suivez la progression dans la barre et le journal.
- 8 Consultez les résultats dans le tableau intégré au plugin.

5bis. Assistant CN -- pourquoi construire son propre raster CN

De nombreux outils calculent le Curve Number automatiquement à partir de jeux de données mondiaux (occupation du sol satellite x base de sols mondiale). C'est pratique, mais la fiabilité de ces jeux de données varie fortement selon les régions : les zones les mieux cartographiées sont généralement fiables, mais les zones moins densément documentées -- dont une grande partie de l'Afrique subsaharienne -- peuvent présenter des lacunes ou des combinaisons occupation du sol / sol non couvertes par la table de correspondance de l'outil.

Exemple observé (2026) : sur une zone au Sénégal, l'outil de calcul de Curve Number global d'un plugin QGIS concurrent (ArcGeek Calculator, module Global Curve Number) a échoué avec l'erreur `List indices must be integers or slices, not NoneType` lors du croisement des données ESA WorldCover et ORNL HYSOG -- signe d'une combinaison occupation du sol / groupe de sol présente localement mais absente de la table de correspondance interne de l'outil.

HydroSuiteBM Pro prend le parti inverse : l'Assistant CN (bouton à côté du sélecteur de raster CN) construit le raster à partir de VOS couches locales :

- 1 Sélectionnez votre raster d'occupation du sol et votre raster de groupe hydrologique de sol (A/B/C/D).
- 2 Cliquez sur « Détecter les classes présentes » : le plugin liste toutes les valeurs de pixel distinctes trouvées dans chaque raster.
- 3 Associez chaque valeur à une catégorie standard du NRCS (occupation du sol) ou à un groupe hydrologique A/B/C/D (sol), via les menus déroulants.
- 4 Cliquez sur « Générer le raster CN » : le plugin applique la table de correspondance NRCS (TR-55) et écrit un raster CN aligné sur votre couche d'occupation du sol.

Toute combinaison non associée à une catégorie est explicitement comptabilisée et laissée en nodata (avec la liste des codes bruts concernés affichée à l'écran), plutôt que de provoquer un plantage ou d'être remplacée silencieusement par une valeur arbitraire.

6. Paramètres calculés

Catégorie	Paramètres
Géométrie	Surface, périmètre, Kc (Gravelius), rectangle équivalent, Rc (Miller), Re (Schumm)
Altimétrie	Altitudes min/max/moyenne/médiane, dénivelée, Hi (intégrale hypsométrique), pente moyenne, Ig (pente globale), Ds (dénivelée spécifique)

Réseau	Longueur totale, nombre de tronçons, densité de drainage, fréquence, ordre de Strahler max, Rb et RI (Horton)
Temps de concentration	Kirpich, Giandotti, Passini, Ventura, SCS (si CN fourni), formule recommandée selon la surface
SCS-CN	Curve Number moyen pondéré, rétention potentielle S

7. Formules utilisées

7.1 Paramètres géométriques

Indice de compacité de Gravelius : $K_c = 0.28 \times P / \sqrt{A}$ (P en km, A en km²)

Rectangle équivalent (L, l) : $L \times l = A$ et $2(L + l) = P$

Indice de circularité de Miller : $R_c = 4\pi \times A / P^2$

Indice d'allongement de Schumm : $R_e = 1.128 \times \sqrt{A} / L_b$ (L_b = longueur géométrique du bassin)

7.2 Paramètres altimétriques

Intégrale hypsométrique : $H_i = (H_{moy} - H_{min}) / (H_{max} - H_{min})$

Indice de pente globale : $I_g = (H_{5\%} - H_{95\%}) / L$ (L = longueur du rectangle équivalent, km)

Dénivelée spécifique : $D_s = I_g \times \sqrt{A}$

7.3 Paramètres du réseau hydrographique

Densité de drainage : $D_d = \sum L_i / A$ (km de réseau par km²)

Fréquence des cours d'eau : $F = N / A$ (nombre de tronçons par km²)

Rapport de confluence de Horton : $R_b = N_u / N_{u+1}$ (moyenné sur les ordres de Strahler)

Rapport de longueur de Horton : $R_l = L_{u+1} / L_u$

7.4 Temps de concentration (Tc)

L = longueur du talweg principal (km, plus long chemin hydraulique réel) ; A = surface (km²) ; S = pente moyenne (m/m) ; H_{moy}, H_{min} = altitudes moyenne et minimale (m) ; CN = Curve Number moyen pondéré.

Kirpich (minutes) : $T_c = 0.01947 \times L^{0.77} \times S^{-0.385}$ (L converti en mètres)

Giandotti (heures) : $T_c = (4\sqrt{A} + 1.5 \times L) / (0.8 \times \sqrt{(H_{moy} - H_{min})})$

Passini (heures) : $T_c = 0.108 \times (A \times L)^{1/3} / \sqrt{S}$

Ventura (heures) : $T_c = 0.1272 \times \sqrt{(A / S)}$

SCS / NRCS (méthode du lag, TR-55 ; heures) :

S (pouces) = $1000/CN - 10$ | T_L (h) = $L^{0.8} \times (S+1)^{0.7} / (1900 \times Y^{0.5})$ | $T_c = T_L / 0.6$ (L en pieds, Y = pente moyenne en %, formule volontairement gardée en unités impériales d'origine du NRCS)

Rétention potentielle S (forme métrique, mm) : $S = 25400/CN - 254$

8. Pourquoi les temps de concentration diffèrent-ils entre formules ?

Il est normal — et attendu — d'obtenir des valeurs de T_c sensiblement différentes selon la formule employée pour un même bassin. Chaque formule est une relation empirique, calée statistiquement sur un échantillon de bassins réels d'une région et d'une échelle données. Aucune n'est universellement « la bonne » : chacune reflète les caractéristiques physiographiques et climatiques de son échantillon de calage. Un écart de 30 à 100% entre les estimations n'est pas rare et ne signale pas une erreur de calcul.

Formule	Domaine de validité usuel (surface)	Contexte de calage d'origine
Kirpich	$\approx 0.004 - 1 \text{ km}^2$	Petits bassins agricoles pentus (Tennessee, USA)
SCS (Iag, TR-55)	$\approx 0.01 - 8 \text{ km}^2$	Petits bassins ruraux/urbains (NRCS, USA)
Ventura	$\approx 0.5 - 700 \text{ km}^2$	Bassins européens de tailles variées
Passini	$\approx 0.5 - 700 \text{ km}^2$	Bassins européens de tailles variées
Giandotti	$\approx 1.7 - 700 \text{ km}^2$	Bassins italiens moyens à grands

Ces ordres de grandeur varient sensiblement selon les sources bibliographiques consultées ; ils sont donnés à titre de repère de cohérence, pas comme une règle stricte et universellement admise. HydroSuiteBM Pro indique automatiquement, pour chaque bassin, quelle formule est calée sur la gamme de surface la plus proche de la sienne — ce qui n'exclut pas d'examiner aussi les autres valeurs obtenues.

9. Influence de la résolution du MNT sur le T_c

Au-delà du choix de la formule, la résolution du MNT (taille de la cellule) influence directement les deux grandeurs d'entrée communes à toutes les formules de T_c : la longueur du talweg (L) et la pente moyenne (S).

- **Lissage de la pente** : un MNT à résolution grossière moyenne l'altitude sur de grandes cellules, atténuant les ruptures de pente locales. La pente moyenne calculée est alors généralement sous-estimée, ce qui augmente artificiellement le T_c calculé (pente à exposant négatif dans Kirpich, Passini, Ventura, SCS).
- **Généralisation du talweg** : à résolution grossière, le tracé du talweg perd en sinuosité (tendance à raccourcir L), mais l'effet d'escalier du D8/MFD sur les segments obliques peut au contraire l'allonger. L'effet net dépend de la topographie locale.
- **Décalage du seuil de réseau** : à résolution grossière, chaque cellule représente une surface au sol plus grande, donc la tête du réseau se déplace vers l'aval, raccourcissant L pour un même seuil en nombre de cellules — d'où l'intérêt d'exprimer le seuil en surface réelle (ha/km^2), ce que fait HydroSuiteBM.

Recommandation pratique : si vous disposez de MNT à plusieurs résolutions pour la même zone, comparez la longueur du talweg et la pente moyenne obtenues avec chacun avant de figer un T_c définitif. À défaut, utilisez la résolution la plus fine disponible et compatible avec la taille de votre bassin.

10. Seuils de classification pour l'interprétation automatique

Les commentaires interprétatifs générés pour chaque bassin dans le rapport PDF s'appuient sur des seuils usuels de la littérature hydrologique/géomorphologique :

- **Gravelius (K_c)** : <1.25 quasi-circulaire, $1.25-1.5$ ovale à ronde, $1.5-1.75$ ovale allongée, >1.75 allongée.
- **Relief (I_g , classification ORSTOM/IRD)** : R1 (très faible, $<2 \text{ m}/\text{km}$) à R7 (très fort, $>100 \text{ m}/\text{km}$).
- **Intégrale hypsométrique (H_i , d'après Strahler)** : >0.6 stade de jeunesse, $0.35-0.6$ maturité, <0.35 vieillesse.

- **Densité de drainage (Dd)** : >2 km/km² élevée (substrat peu perméable), 1–2 modérée, <1 faible (substrat perméable).

Ces seuils sont des repères généraux ; ils gagnent à être recoupés avec la connaissance de terrain et le contexte régional de l'étude, et ne remplacent pas un avis d'expert.

11. Sorties produites

- **bassins_versants.shp** (+ .dbf, .shx, .prj) : tous les bassins, un enregistrement par bassin, avec tous les paramètres calculés en table attributaire (champs abrégés ≤ 10 caractères, contrainte du format Shapefile).
- **bassins_versants_legende.csv** : correspondance champs abrégés ↔ noms complets et descriptions.
- **reseaux_hydrographiques.shp** : tous les réseaux hydrographiques découpés, regroupés en une seule couche avec un champ ID_BASSIN.
- **resultats_bv.csv** (à la demande) : export CSV de tous les résultats.
- **rapport PDF** (à la demande) : méthodologie, formules, analyse interprétée par bassin.

12. Dépannage

Symptôme	Cause probable	Solution
« Algorithme grass:r.stream.order not found »	Extension GRASS non installée	Repli automatique sur r.to.vect, ou installer g.extension extension=r.stream.order
Bassin obtenu minuscule par rapport au MNT	Mauvais calage de l'exutoire ou CRS différent	Utiliser le calage « accumulation maximale » ; vérifier le CRS des couches
« has invalid geometry »	Géométries auto-intersectantes (vectorisation)	Réparation automatique (depuis la version 1.0)
Un seul bassin en mode automatique	Seuil trop élevé, ou SFD au lieu de MFD	Réduire la surface minimale ; cocher « Directions de flux multiples (MFD) »

13. Licence

Ce plugin utilise l'API PyQGIS et est distribué sous licence GPL v2 ou ultérieure, comme l'exige QGIS pour les extensions utilisant son API.