

La finalité des SIG est de traiter de l'information géographique afin de construire des modèles utilisables pour effectuer de simulations et assister les décideurs. Le couplage entre SIG et des outils de simulation permet de réaliser plusieurs applications dans le domaine de la gestion et de l'aménagement intégré des ressources en eau sur un bassin versant.

l) Prévision hydrologique :

Une prévision hydrologique est une estimation de l'état futur d'un phénomène relatif à l'eau. Les prévisions sont indispensables au bon fonctionnement des ouvrages hydrauliques et à l'atténuation des effets des catastrophes naturelles telles que les crues ou les sécheresses.

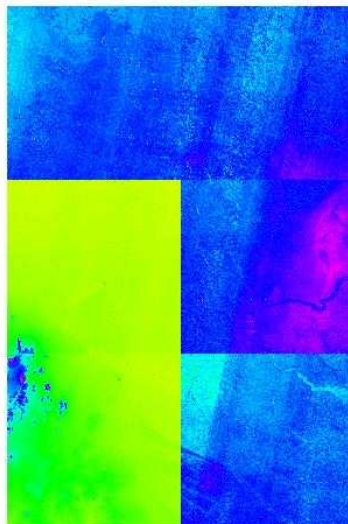
Cette étude nécessite l'utilisation de plusieurs types de données dont des M.N.T, des données climatiques provenant du site du C.R.U, et des données sols provenant du site de la F.A.O.

Ces données sont utilisées pour délimiter les Bassins Versants et pour calculer les débits avec TOPMODEL selon le processus décrit ci-dessous.

LOGONE RIVER :

1. MNT d'altitude.

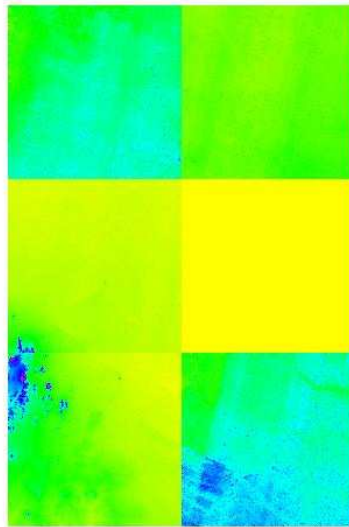
0 1 degrés



© QGIS 2019

2. Carte des MNT après traitement.

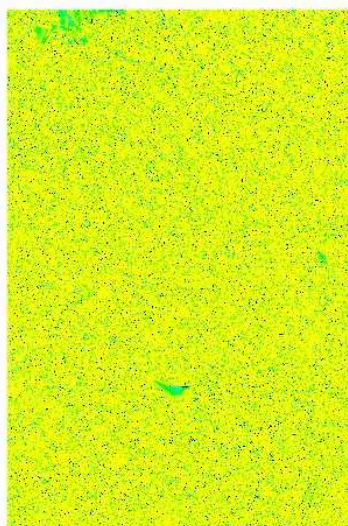
0 1 degrés



© QGIS 2019

3. Carte des superficies drainées.

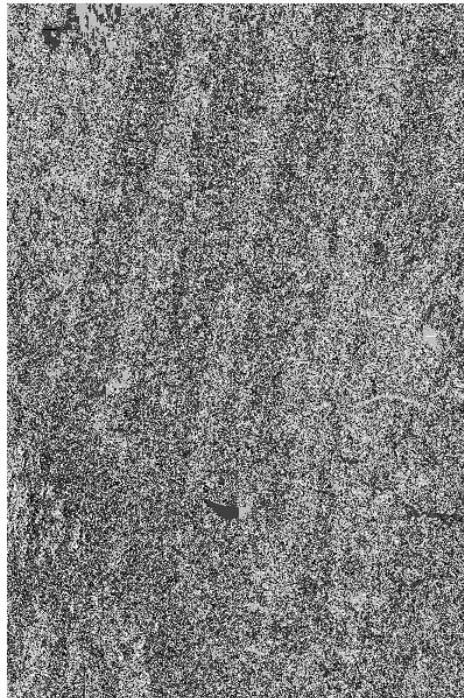
0 1 degrés



© QGIS 2019

4. Direction de drainage.

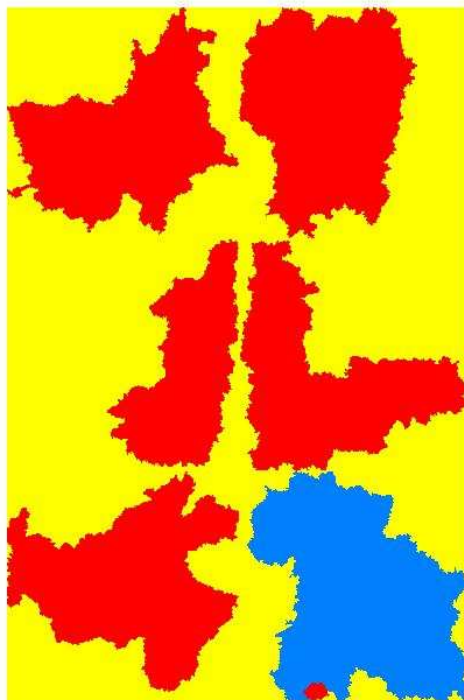
0 1 degrés



© QGIS 2019

5. Bassin versant calculé.

0 1 degrés



© QGIS 2019

6. Débit obtenu calculé avec TOPMODEL :

r.topmodel output file for "Logone River"

Run time: 2019-05-13 11:04:19

```

#
# Em:      Model efficiency
# Qobs_peak:  Peak observed Q
#
#           [m^3/timestep]
# tobs_peak:  Peak time for observed Q
#
#           [timestep]
# Qobs_mean:  Mean observed Q
#
#           [m^3/timestep]
# Qt_peak:   Peak simulated Q
#
#           [m^3/timestep]
# tt_peak:   Peak time for simulated Q
#
#           [timestep]
# Qt_mean:   Mean simulated Q
#
#           [m^3/timestep]
# ncell:     Number of non-NULL cells
# nidxclass: Number of topographic index classes
# ndelay:    Number of delay timesteps (delay time between rainfall and
#           flow response)
# nreach:    Number of reach timesteps (time of concentration)
# lnTe:      Areal average of  $\ln(T0) = \ln(Te)$ 
#
#           [ $\ln(m^2/timestep)$ ]
# vch:      Main channel routing velocity
#
#           [m/timestep]
# vr:       Internal subcatchment routing velocity
#
#           [m/timestep]
# lambda:    Areal average of topographic index
#
#           [ $\ln(m^2)$ ]

```

qss: Subsurface flow per unit area at a soil surface
 # [m/timestep]
 # qs0: Initial subsurface flow per unit area
 # [m/timestep]
 #
 # tch: Routing timestep
 # [timestep]
 # Ad: Difference in contribution area for each reach timestep
 # [m²]
 # Qt: Total flow
 # [m³/timestep]
 # qt: Total flow per unit area
 # [m/timestep]
 # qo: Saturation overland flow per unit area
 # [m/timestep]
 # qs: Subsurface flow per unit area
 # [m/timestep]
 # qv: Vertical flux (or drainage flux)
 # [m/timestep]
 # S_{mean}: Mean saturation deficit in the watershed
 # [m]
 # f: Infiltration rate
 # [m/timestep]
 # fex: Infiltration excess runoff
 # [m/timestep]
 #
 # Srz: Root zone storage deficit

[m]
Suz: Unsaturated (gravity drainage) zone storage
[m]
S: Local saturated zone deficit due to gravity drainage
[m]
Ea: Actual evapotranspiration
[m/timestep]
ex: Excess flow from a fully saturated area per unit area
[m/timestep]

Em: Not resolved due to constant observed Q

Qobs_peak: 1.612e+008

tobs_peak: 304

Qobs_mean: 5.821e+007

Qt_peak: 2.490e+018

tt_peak: 1

Qt_mean: -1.#QOe+000

ncell: 5383349

nidxclass: 4

ndelay: 0

nreach: 1

InTe: 8.778e+000

vch: 2.592e+004

vr: 2.592e+004

lambda: -1.989e+000

qss: 4.745e+004

qs0: 1.481e+008

tch

1.929e-002

Ad

1.681e+010

timestep	Qt	qt	qo	qs	qv	S_mean	f	fex
1	2.490e+018	1.481e+008	0.000e+000	1.481e+008	0.000e+000	1.481e+008	0.000e+000	0.000e+000
2	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.481e+008	0.000e+000	0.000e+000
3	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.481e+008	0.000e+000	0.000e+000
4	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.481e+008	0.000e+000	0.000e+000
5	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.481e+008	0.000e+000	0.000e+000
6	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.481e+008	0.000e+000	0.000e+000
7	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.481e+008	0.000e+000	0.000e+000
8	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.481e+008	0.000e+000	0.000e+000
9	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.481e+008	0.000e+000	0.000e+000
10	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.481e+008	0.000e+000	0.000e+000
11	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.481e+008	0.000e+000	0.000e+000
12	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.481e+008	0.000e+000	0.000e+000
13	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.481e+008	0.000e+000	0.000e+000

.....

300 7.890e+007 4.694e-003 4.694e-003 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.464e-004 4.694e-003

301 7.891e+007 4.694e-003 4.694e-003 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.459e-004 4.694e-003

302 7.891e+007 4.695e-003 4.695e-003 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.455e-004 4.695e-003

303 7.892e+007 4.695e-003 4.695e-003 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.450e-004 4.695e-003

304 7.893e+007 4.695e-003 4.695e-003 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.446e-004 4.695e-003

305 7.551e+006 4.492e-004 4.492e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.441e-004 4.492e-004

306 7.558e+006 4.496e-004 4.496e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.437e-004 4.496e-004

307 7.566e+006 4.501e-004 4.501e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.432e-004 4.501e-004

308 7.573e+006 4.505e-004 4.505e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.428e-004 4.505e-004

309 7.581e+006 4.510e-004 4.510e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.423e-004 4.510e-004

310 7.588e+006 4.514e-004 4.514e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.419e-004 4.514e-004

311 7.596e+006 4.519e-004 4.519e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.414e-004 4.519e-004

312 7.603e+006 4.523e-004 4.523e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.410e-004 4.523e-004

313 7.610e+006 4.527e-004 4.527e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.406e-004 4.527e-004

314 7.617e+006 4.531e-004 4.531e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.402e-004 4.531e-004

315 7.625e+006 4.536e-004 4.536e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.397e-004 4.536e-004

316 7.632e+006 4.540e-004 4.540e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.393e-004 4.540e-004

317 7.639e+006 4.544e-004 4.544e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.389e-004 4.544e-004

318 7.646e+006 4.548e-004 4.548e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.385e-004 4.548e-004

319 7.653e+006 4.552e-004 4.552e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.381e-004 4.552e-004

320 7.660e+006 4.557e-004 4.557e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.376e-004 4.557e-004

321 7.667e+006 4.561e-004 4.561e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.372e-004 4.561e-004

322 7.673e+006 4.565e-004 4.565e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.368e-004 4.565e-004

323 7.680e+006 4.569e-004 4.569e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.364e-004 4.569e-004

324 7.687e+006 4.573e-004 4.573e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.360e-004 4.573e-004

325 7.694e+006 4.577e-004 4.577e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.356e-004 4.577e-004

326 7.700e+006 4.581e-004 4.581e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.352e-004 4.581e-004

327 7.707e+006 4.585e-004 4.585e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.348e-004 4.585e-004

328 7.714e+006 4.589e-004 4.589e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.344e-004 4.589e-004

329 7.720e+006 4.593e-004 4.593e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.340e-004 4.593e-004

330 7.727e+006 4.597e-004 4.597e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.336e-004 4.597e-004

331 7.733e+006 4.600e-004 4.600e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.333e-004 4.600e-004

332 7.740e+006 4.604e-004 4.604e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.329e-004 4.604e-004

333 7.746e+006 4.608e-004 4.608e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.325e-004 4.608e-004

334 7.752e+006 4.612e-004 4.612e-004 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 1.321e-004 4.612e-004

335 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000 0.000e+000

336 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000 0.000e+000

337 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000 0.000e+000

338 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000 0.000e+000

339 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000 0.000e+000

340 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000 0.000e+000

341 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000 0.000e+000

342 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000 0.000e+000

343 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000 0.000e+000

344 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000 0.000e+000

345 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000 0.000e+000

346 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000 0.000e+000

347 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000 0.000e+000

348 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000 0.000e+000

349 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000 0.000e+000

350 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000
0.000e+000

351 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000
0.000e+000

352 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000
0.000e+000

353 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000
0.000e+000

354 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000
0.000e+000

355 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000
0.000e+000

356 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000
0.000e+000

357 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000
0.000e+000

358 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000
0.000e+000

359 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000
0.000e+000

360 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000
0.000e+000

361 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000
0.000e+000

362 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000
0.000e+000

363 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000
0.000e+000

364 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000
0.000e+000

365 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 1.017e-011 1.481e+008 0.000e+000
0.000e+000

Given timestep: 24

idxclass qt qo qs qv Srz Suz S Ea ex

1 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 3.502e-002 0.000e+000 1.481e+008 8.180e-005 0.000e+000

2 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 3.502e-002 0.000e+000 1.481e+008 8.180e-005 0.000e+000

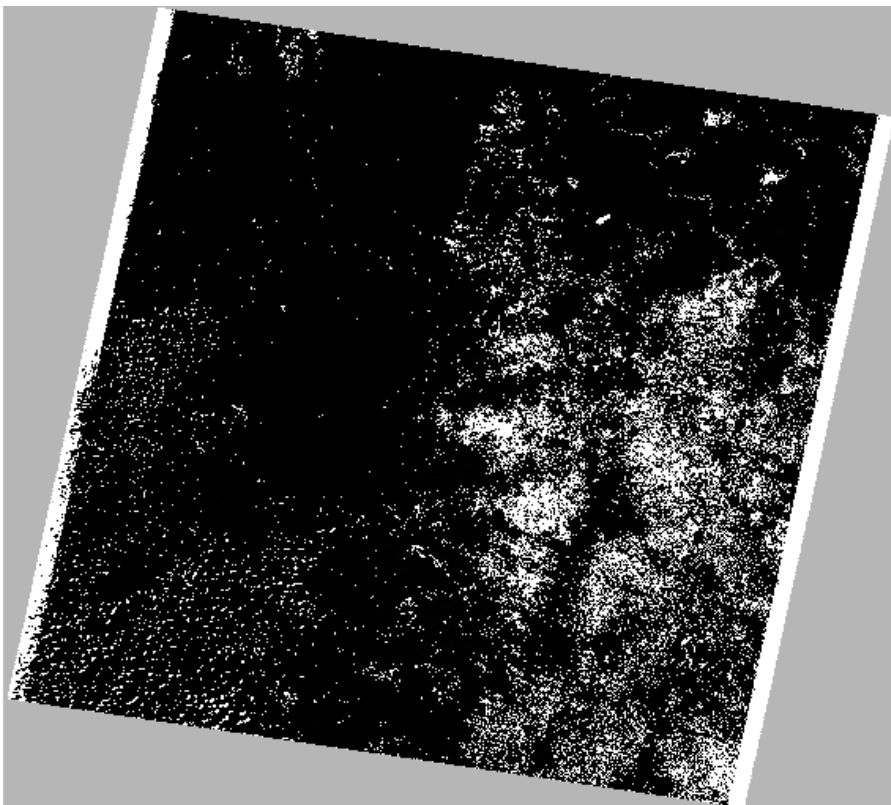
3 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 3.502e-002 0.000e+000 1.481e+008 8.180e-005 0.000e+000

4 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 3.502e-002 0.000e+000 1.481e+008 8.180e-005 0.000e+000

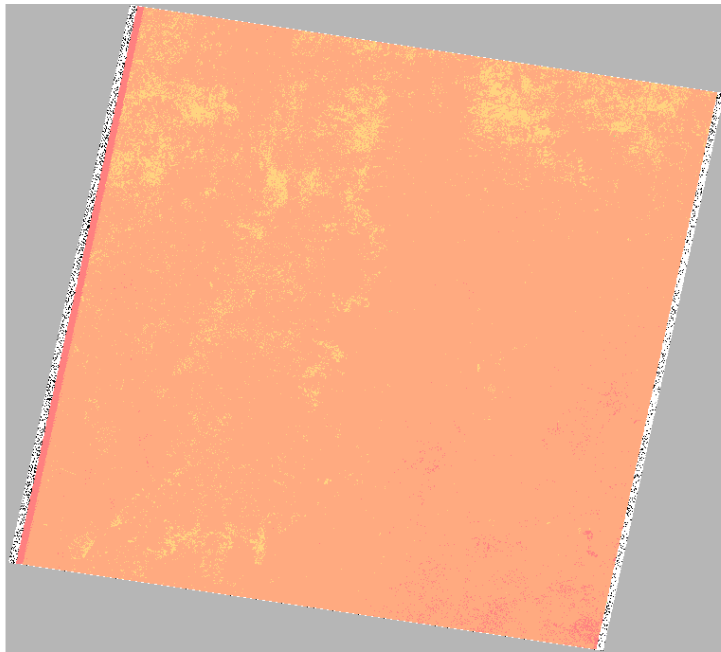
II) Gestion et recherche de l'eau.

L'expérience de l'utilisation de la télédétection dans l'utilisation des ressources en eau montre son apport dans les aspects de cartographie, de prospection et d'aménagement, de suivi et de gestion. Les S.I.G qui permettent l'intégration des images satellite avec les données exogènes facilitent les opérations de gestion et de traitement de l'information, de modélisation et de simulation, de production de documents de synthèse. Les données utilisées sont de plusieurs types : cartes géologiques, cartes topographiques, images stellitaires ETM+ de landsat 7 utilisées pour la cartographie des linéaments selon le processus ci-dessous :

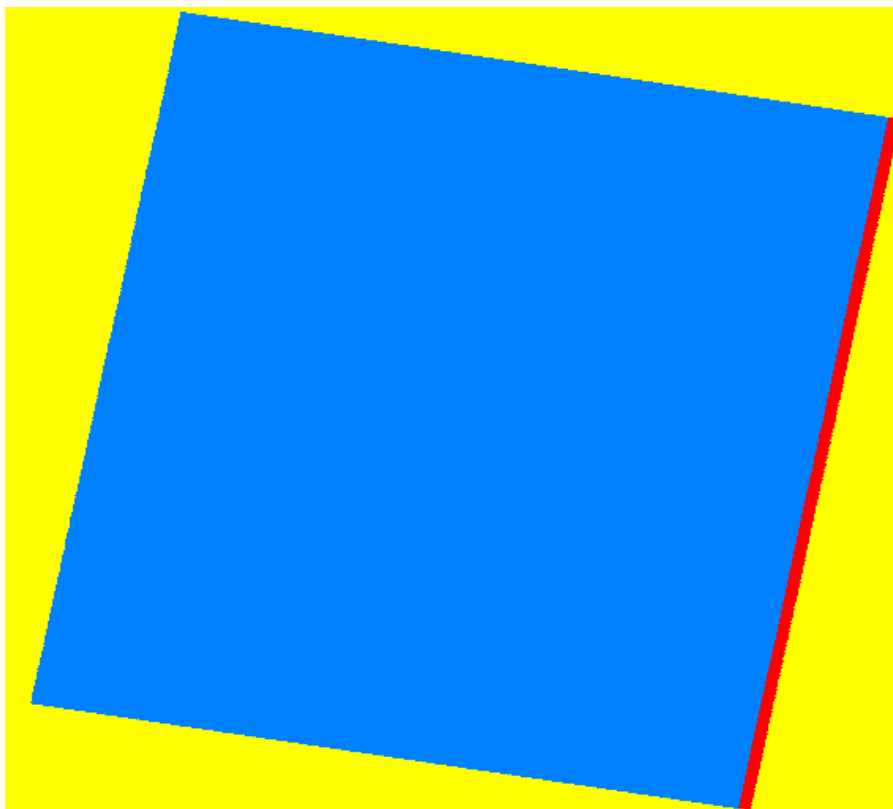
1) Analyse en Composante Principale :



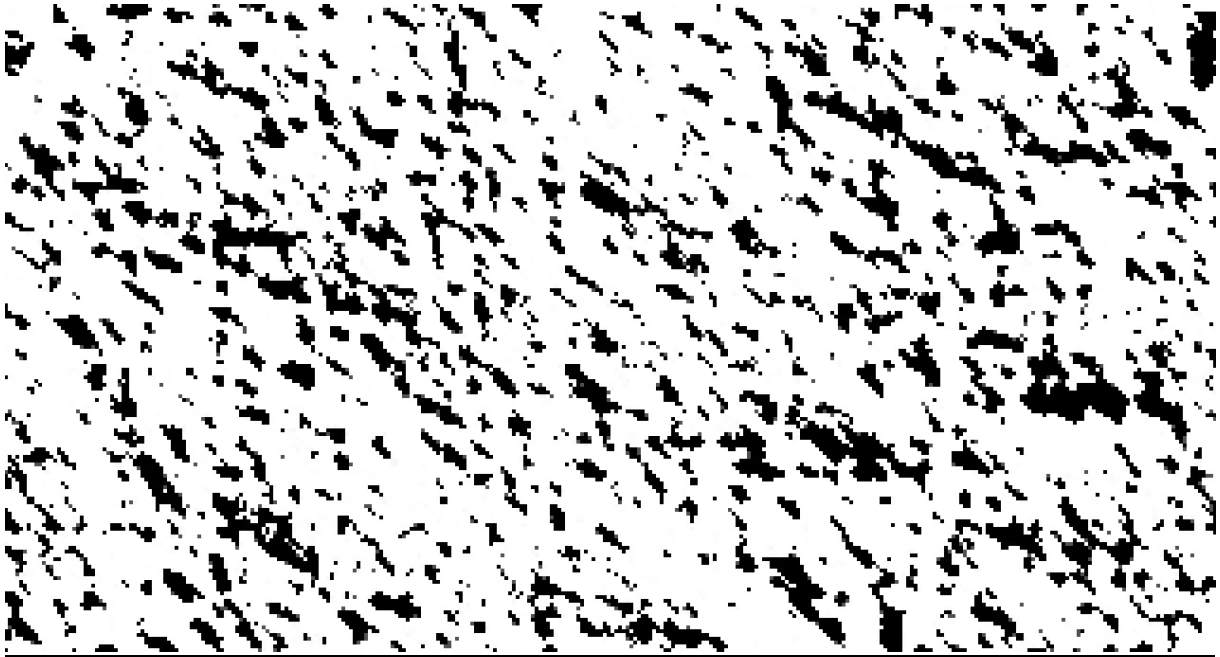
2) Combinaison d'images :



3) NDVI :



4) Filtrage spatiale : identification des linéaments :

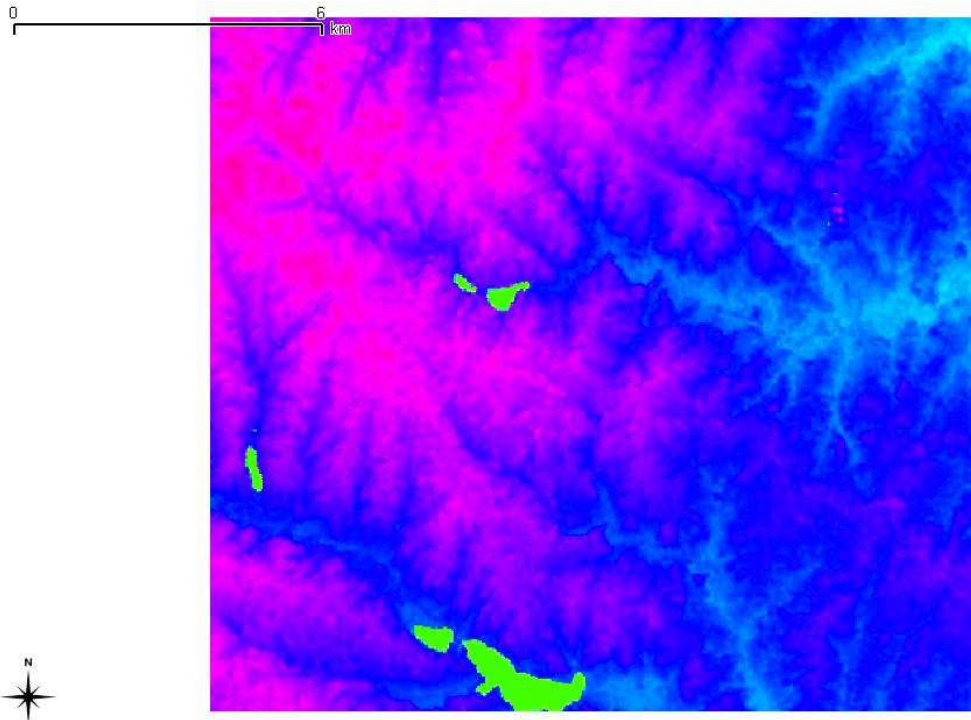


III) Périmètre de protection :

Toute activité menée ou exercée sur un bassin versant influence la qualité des ressources en eaux de surface de ce dernier. La délimitation de périmètres de sécurité à l'intérieur desquels de meilleures pratiques culturales et domestiques seraient obligatoires permet de lutter contre les pollutions de ces eaux.

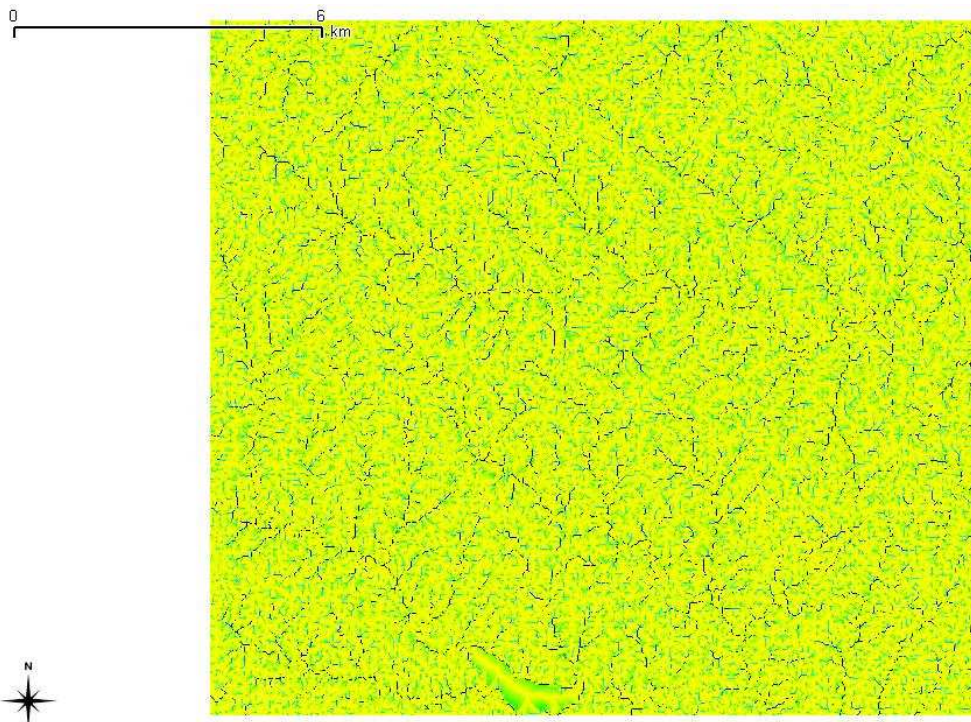
La donnée principale de cette étude est le MNT du bassin versant qui permet de délimiter le B.V et de calculer le temps de transfert des eaux de pluies vers les eaux de surface. Ce temps de transfert permet de délimiter les périmètres de protection.

1) MNT d'altitude.



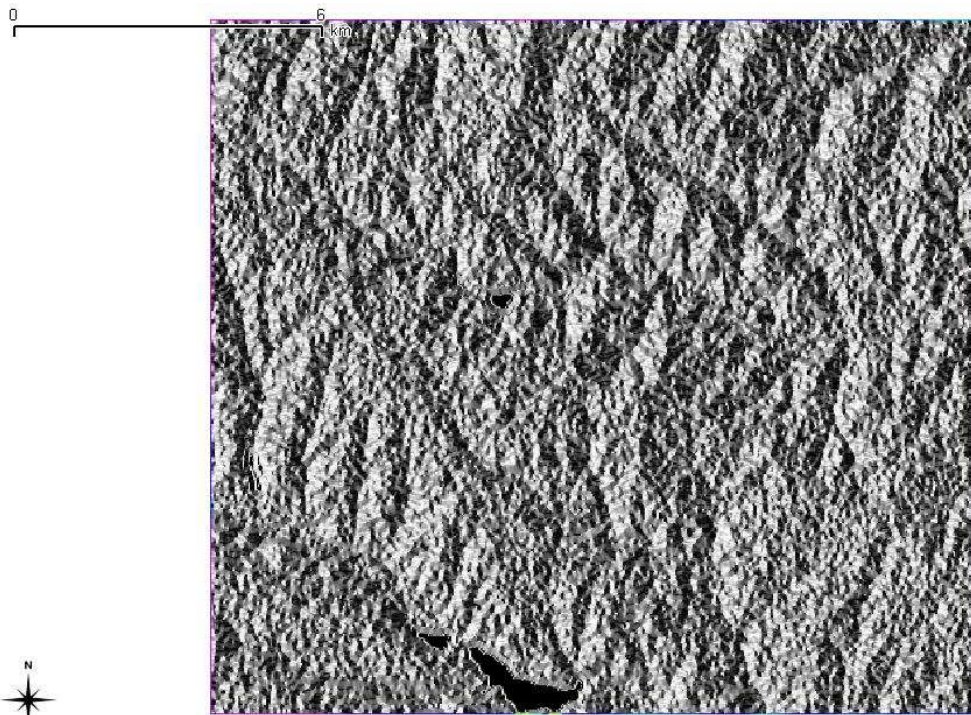
© QGIS 2018

2) Carte des superficies drainées.



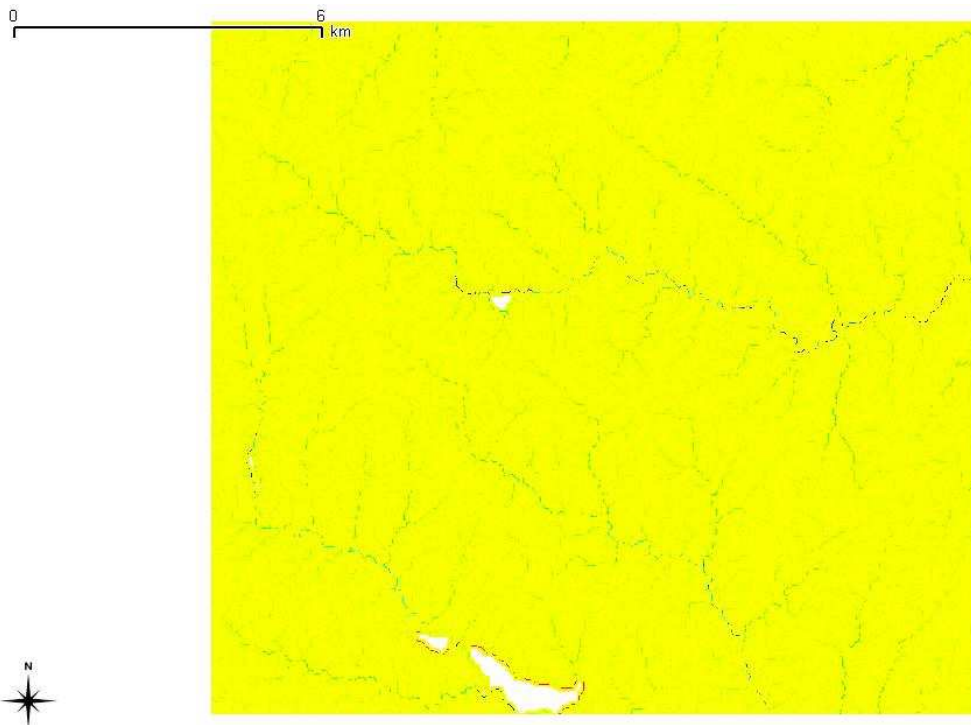
© QGIS 2018

3) Direction de drainage.



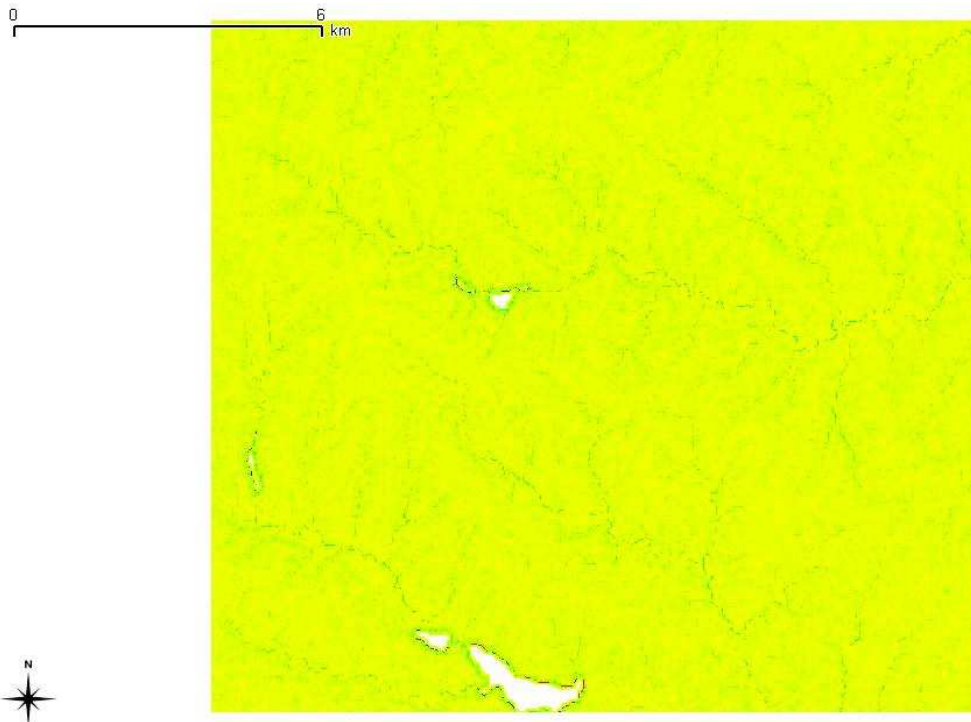
© QGIS 2018

4) Longueur des pentes.



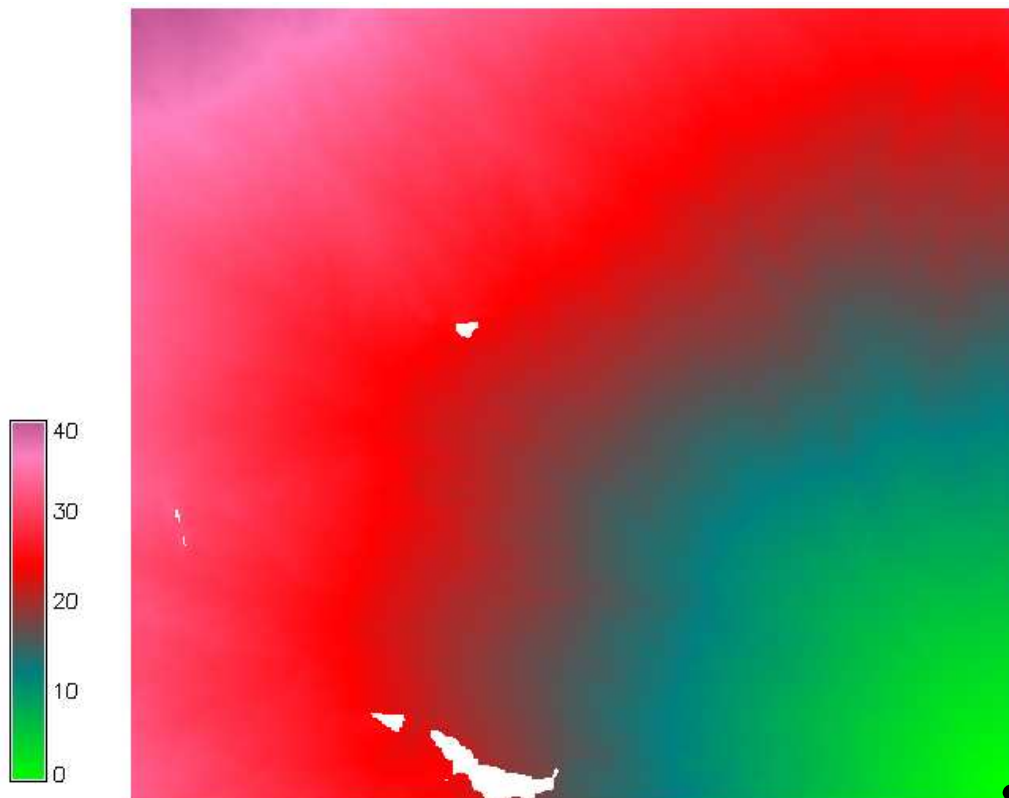
© QGIS 2018

5) Temps de concentration.



© QGIS 2018

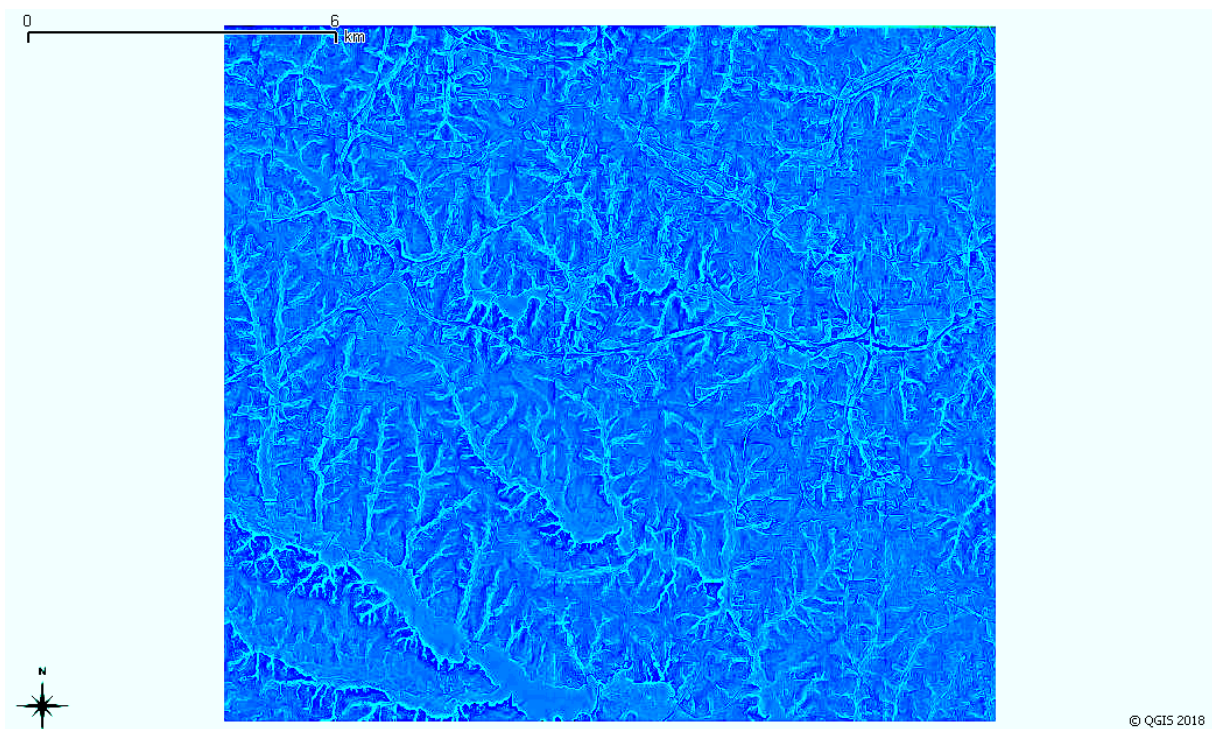
6) Temps de concentration cumulé.



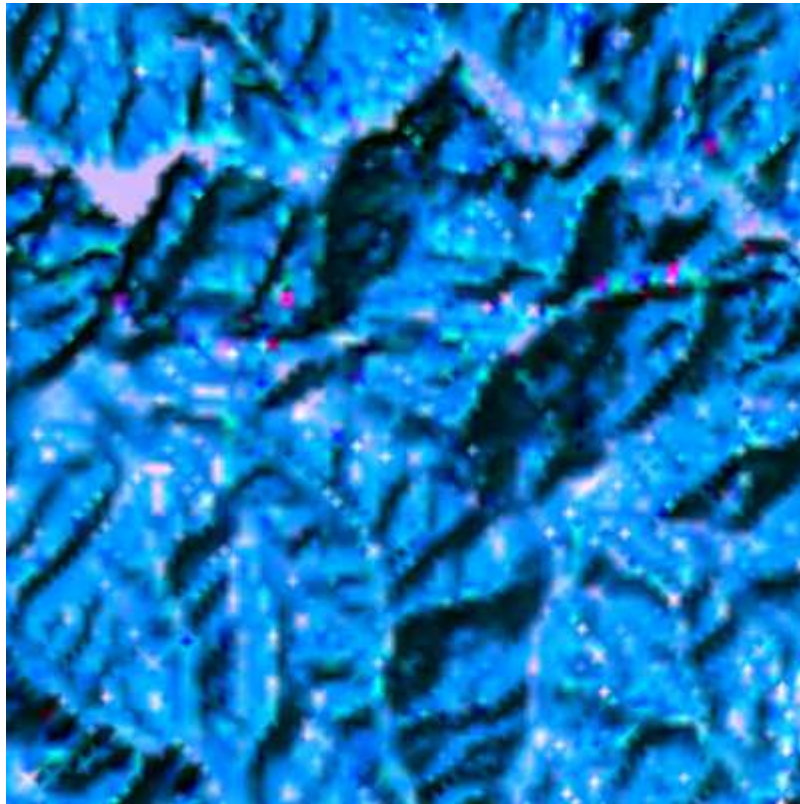
IV) Cartographie de zones inondables :

Le diagnostic des zones inondables d'un cours d'eau passe par l'analyse de la structure de ses vallées et par la modélisation hydraulique. La méthode de détection de lignes de rupture de pente permet d'obtenir les linéaires correspondants aux limites des unités hydrogéomorphologiques à partir d'un MNT. La modélisation hydraulique quant à elle permet d'obtenir les paramètres hydrauliques (hauteur, côte, vitesse).

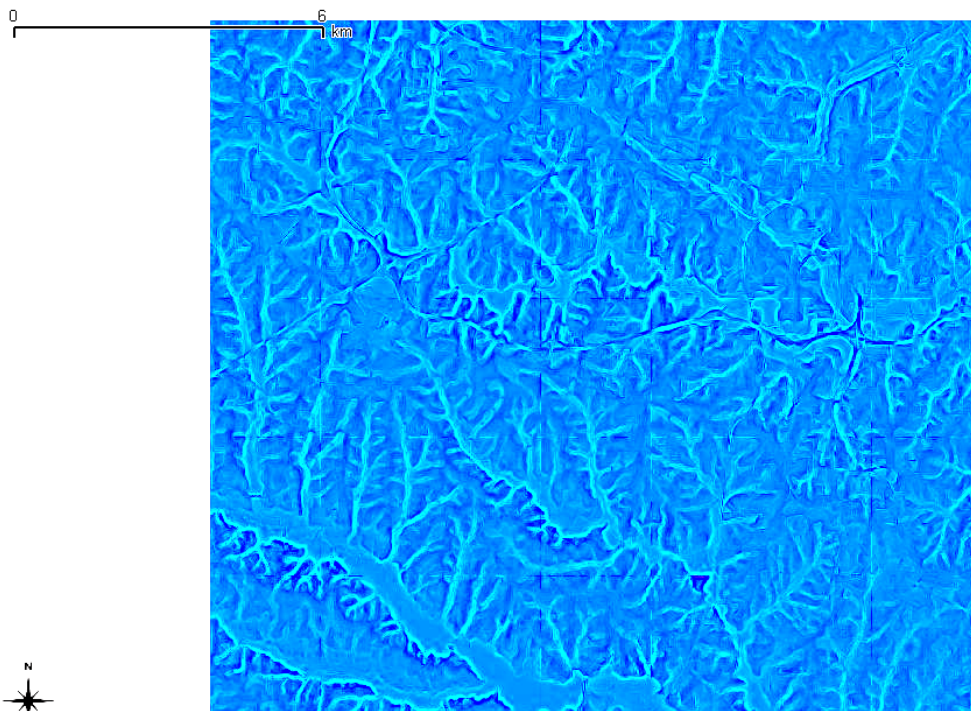
1) Courbure sur MNT filtré 3*3 :



2) MNT 3D issu du MNT filtré 3*3 :

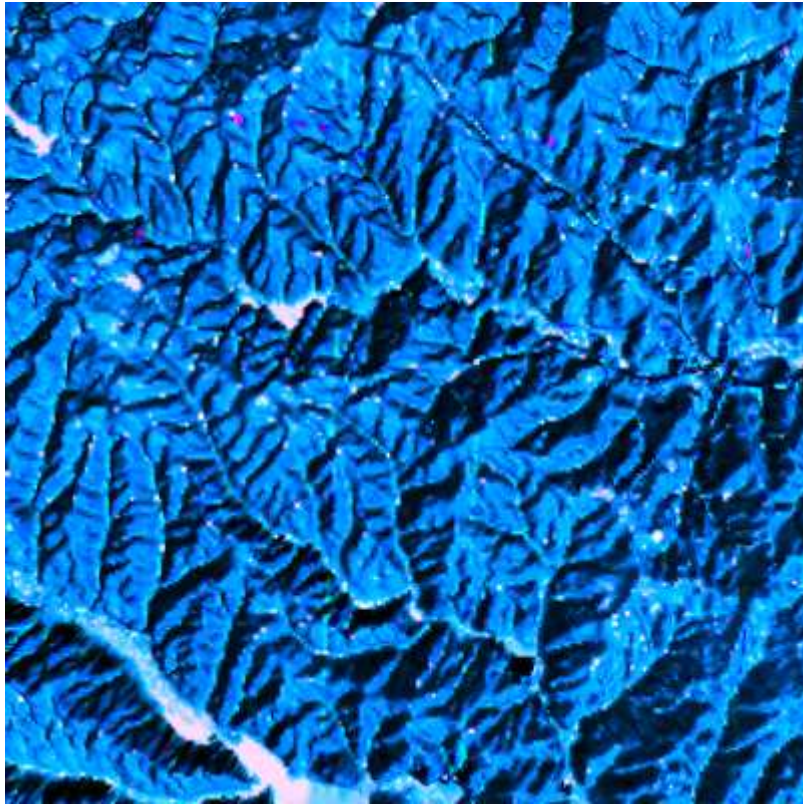


3) Courbure sur MNT filtré 9*9 :

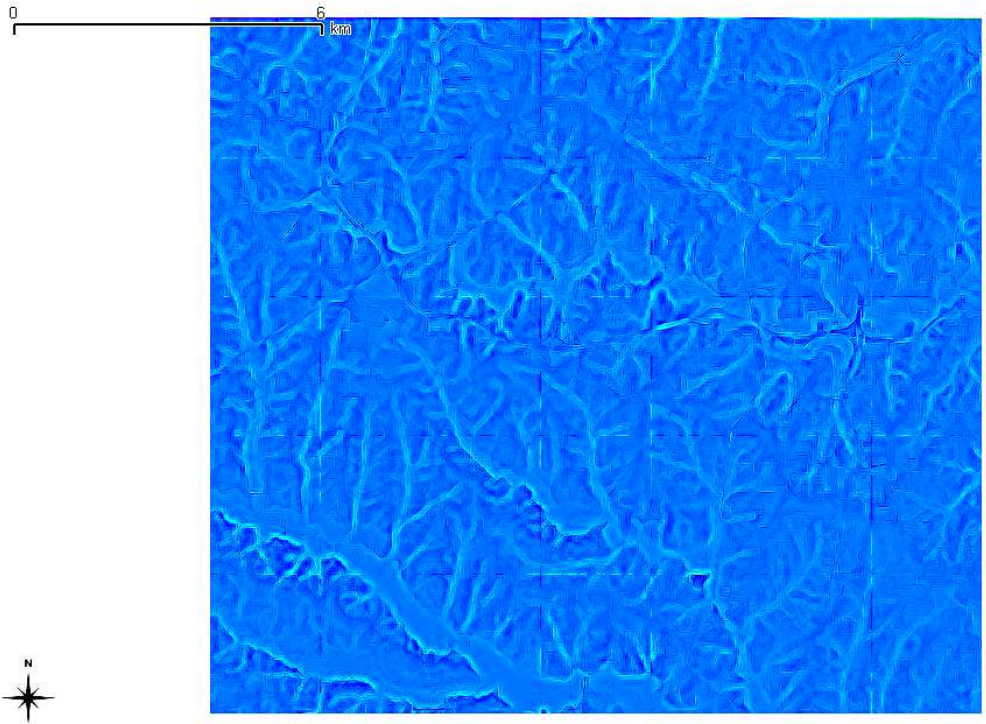


© QGIS 2018

4) MNT 3D issu du MNT filtré 9*9 :

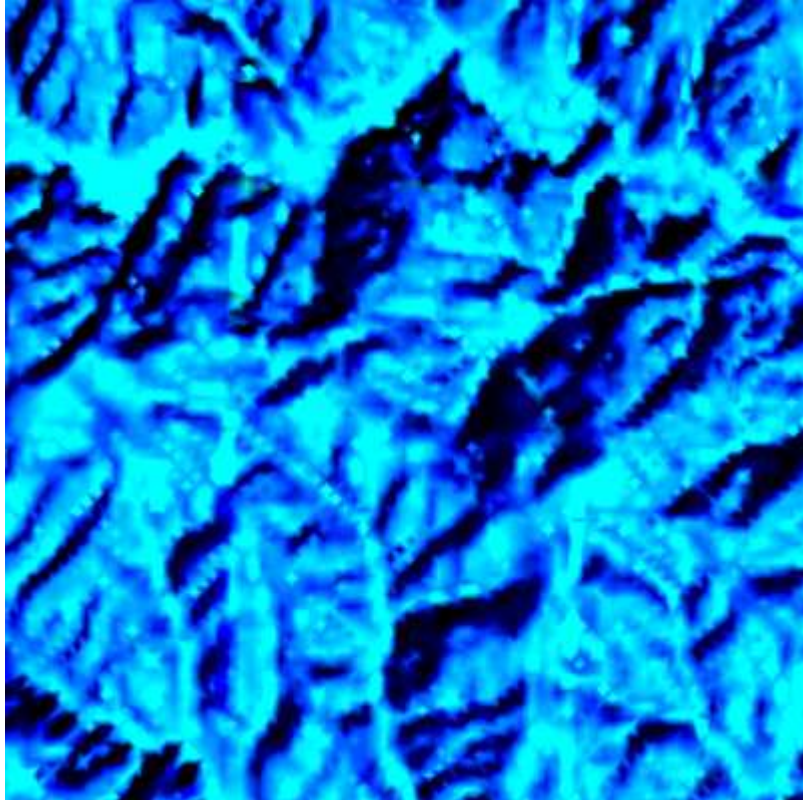


5) Courbure sur MNT filtré 15*15 :



© QGIS 2018

6) MNT 3D issu du MNT filtré 15*15 :



V) Analyse de l'érosion :

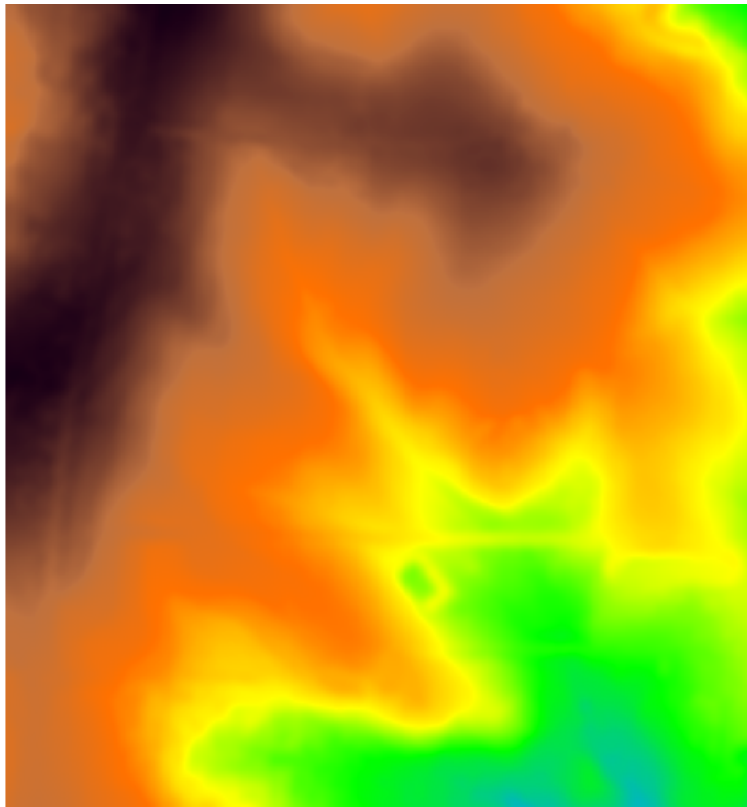
L'érosion hydrique est un sérieux problème qui menace les ressources en eaux et les sols. La cartographie des formes de l'érosion est couramment utilisée pour le constat et pour déterminer les mesures de conservation des sols. Le modèle le plus utilisé pour sa modélisation est la « Universal Soil Loss Equation USLE » :

$$X_a = RKLSCP$$

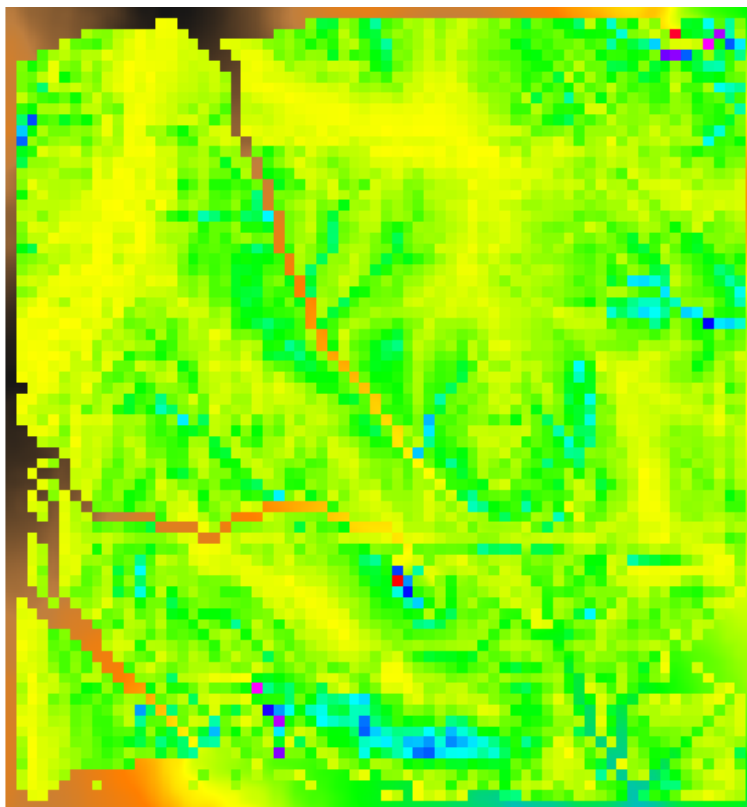
Ce modèle peut être utilisé de plusieurs manières :

- Prédire les pertes moyennes annuelles de sols pour une culture donnée ;
- Servir de guide dans l'établissement d'une régie des cultures ou des modes de conservation pour maintenir l'érosion à un niveau acceptable : $CP \leq X_a/(RKL S)$.
-

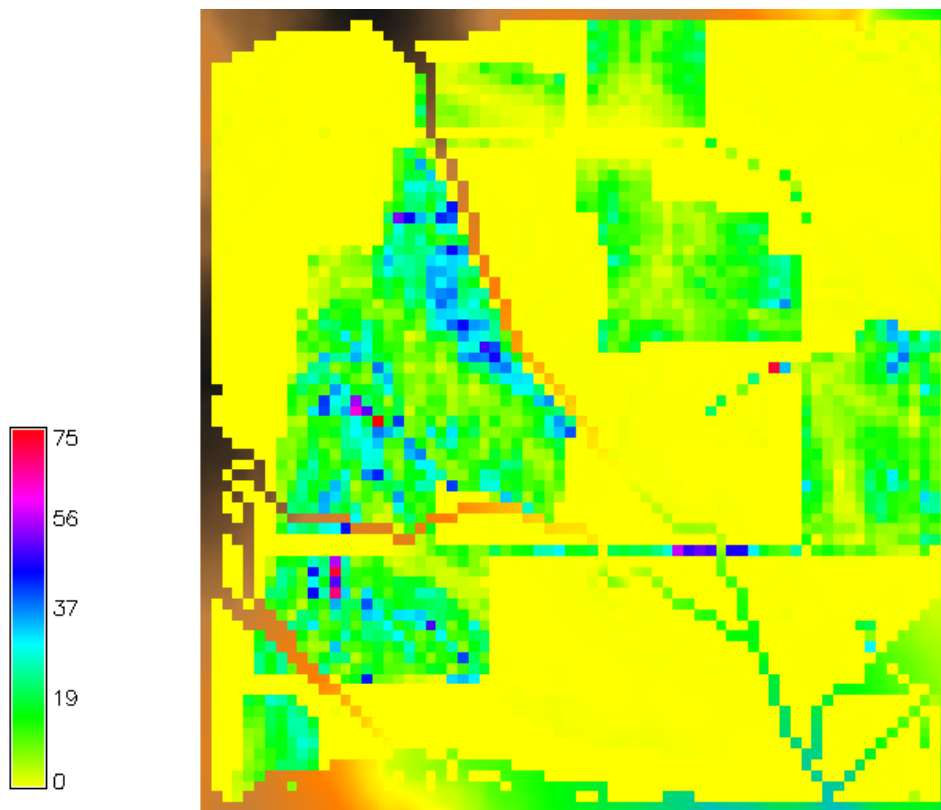
1. MNT d'Altitude.



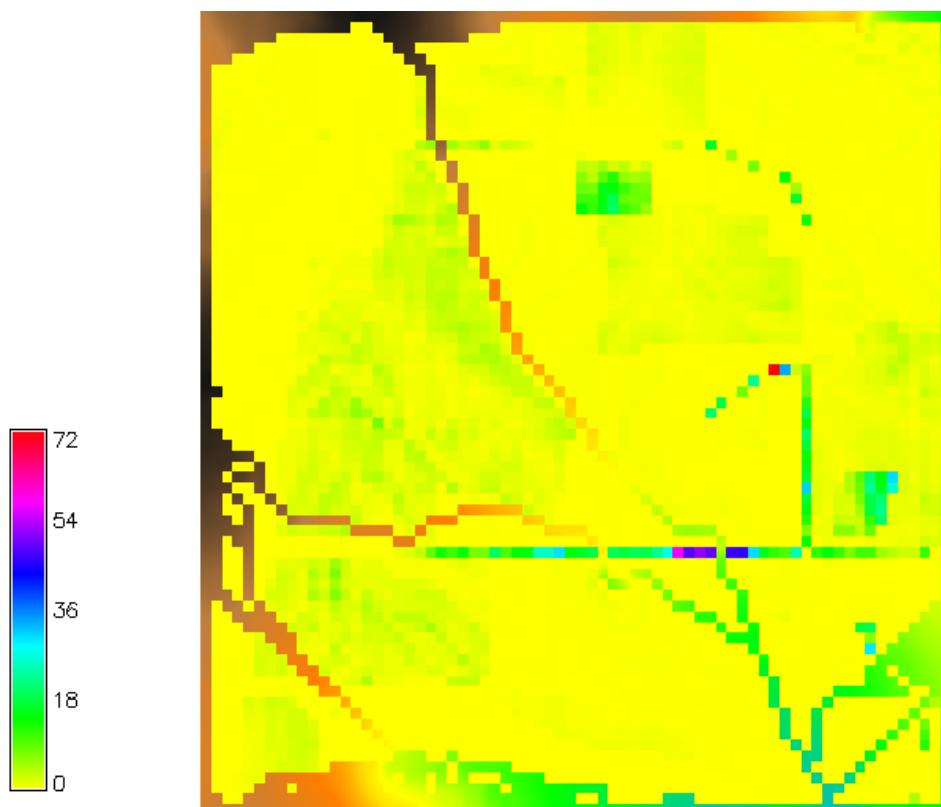
2. Facteur topographique LS :



2.Erosion champs nus :



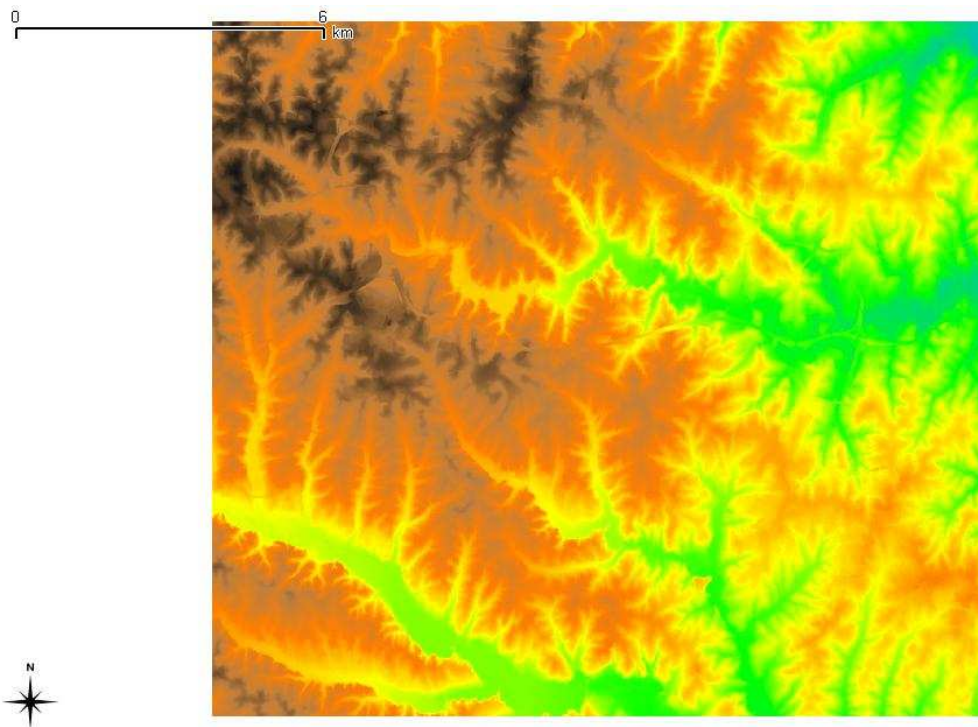
4. Erosion champs plantés :



VI) Ant Installation d'un barrage :

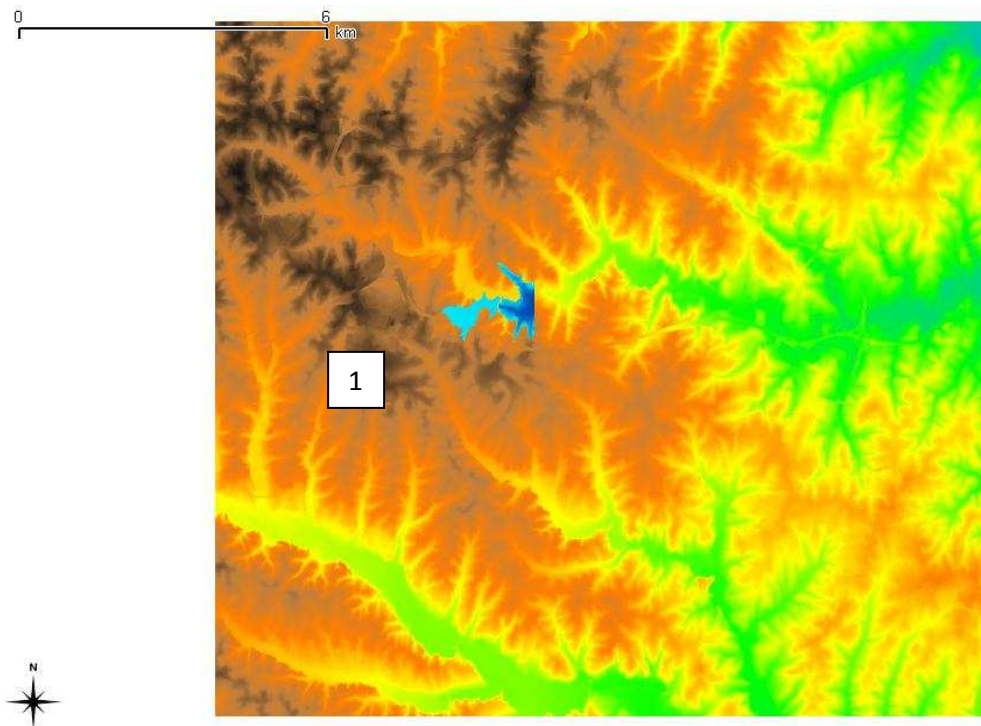
En donnant au barrage une hauteur donnée, ce module permet de calculer l'étendue de la retenue créée. On peut établir ainsi le rapport entre le volume de la retenue et la hauteur de la digue pour différentes hauteurs possibles et différents sites possibles. La donnée principale de cette étude est le MNT du bassin versant.

1) MNT d'altitude.

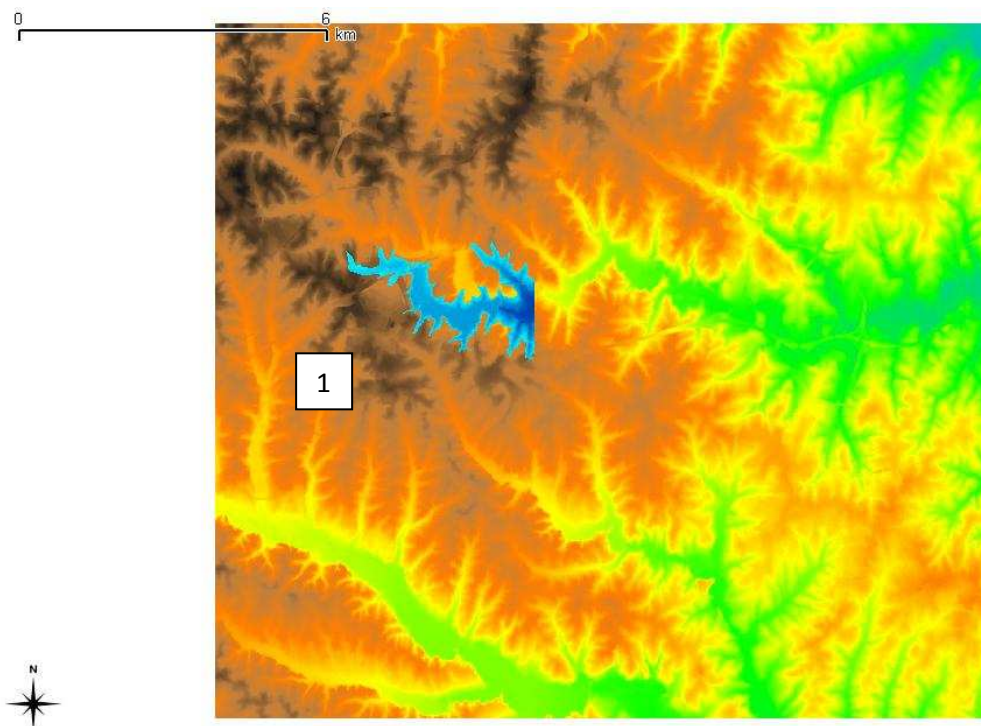


© QGIS 2018

2) Volume de la retenue pour une hauteur du lac de 5 m :



3) Volume de la retenue pour une hauteur du lac de 15 m :



1 = lac calculé.

