

CARTOGRAPHIE DU RUISSELLEMENT MÉTHODE CRUS ET TELEMAT 2D



Cerema Est



Les inondations par ruissellement : quelle gestion pour nos territoires ?

04 décembre 2023

CRUS : POURQUOI ?



- De nombreux phénomènes d'inondation par ruissellement générés dans des zones de faibles pentes
- Des problématiques rurales à l'interface agriculture/aménagement
- Un lien local apparent entre type de sol/occupation du sol par rapport au ruissellement
- Des problématiques de coulées d'eau boueuse et d'érosion des sols
- Des acteurs des territoires démunis pour prendre en compte le ruissellement dans l'aménagement
- Un besoin de compréhension des phénomènes
- Une attente de cartographie relative au ruissellement (type aléa débordement)



CRUS : POUR QUOI FAIRE ?

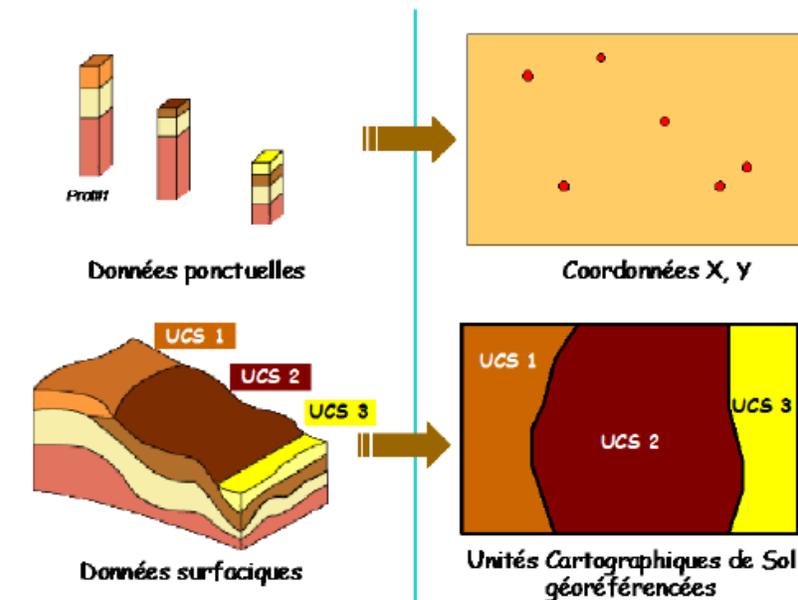
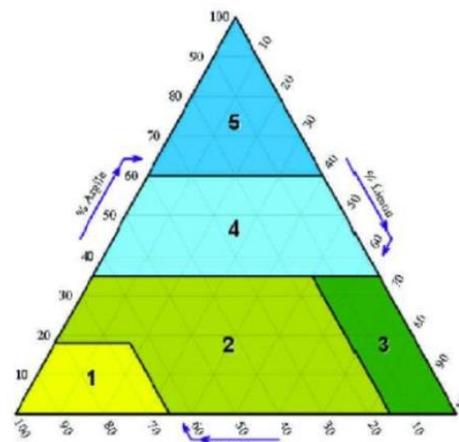
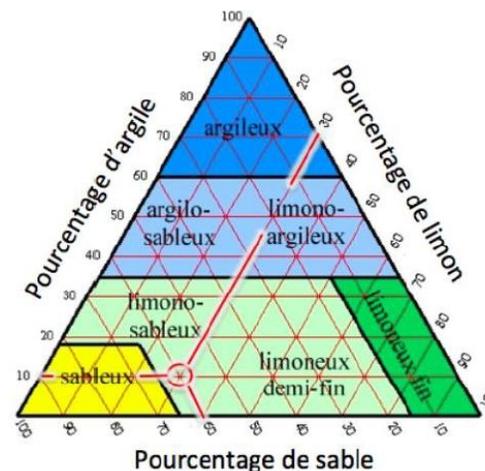
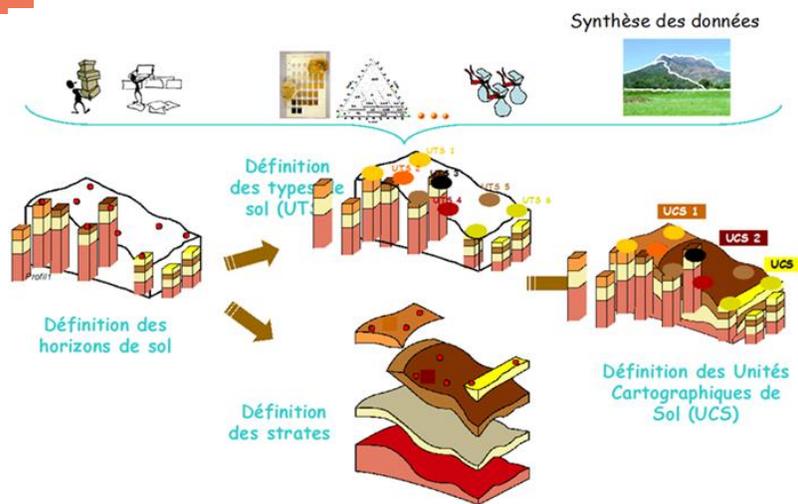
- Expliquer la genèse des phénomènes aux acteurs du territoire et leur permettre de réfléchir à leur prise en compte dans l'aménagement
- Offrir à travers une cartographie du phénomène de ruissellement, une vision sur l'opportunité des opérations de planification
- Identifier les enjeux/points de vulnérabilité particuliers au ruissellement
- Définir des stratégies locales et des mesures de lutte contre le ruissellement et pouvoir mesurer leur efficacité
- Développer une méthode simple, s'appuyant sur des données disponibles, applicable à grande échelle et axée sur le volet sol.



CRUS : DANS LE DÉTAIL

La composante sol

(Source : CEC 1985)

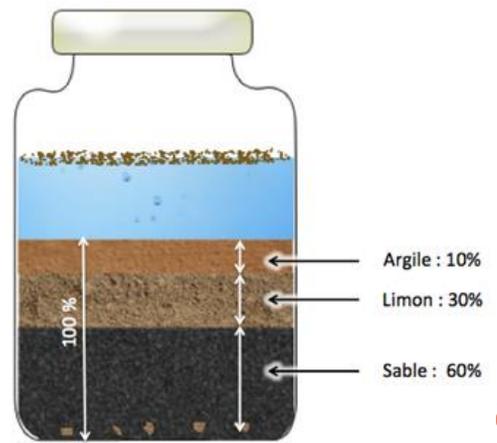


Caractères descriptifs

PROFIL	HORIZON	ANALYSE
Profil1	Ho1.1	Ana
	Ho1.2	

Caractères descriptifs

UCS	UTS	STRATE
UCS 1	UTS 1	



Type de données

Base géographique (SIG)

Base sémantique (SGBD)

décembre 2023

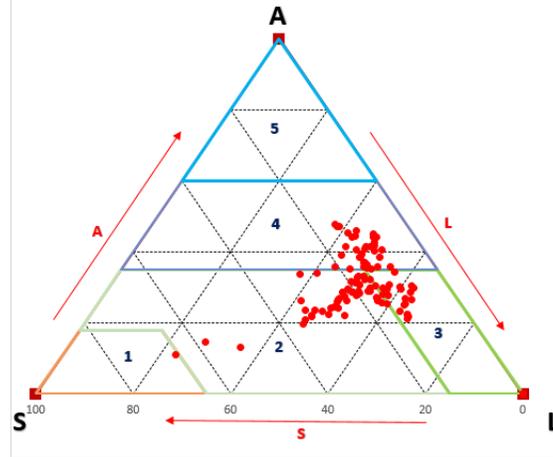
CRUS : DANS LE DÉTAIL

La composante sol

PERMEABILITE



Diagramme ternaire/perméabilité



(Source : ENSAT)

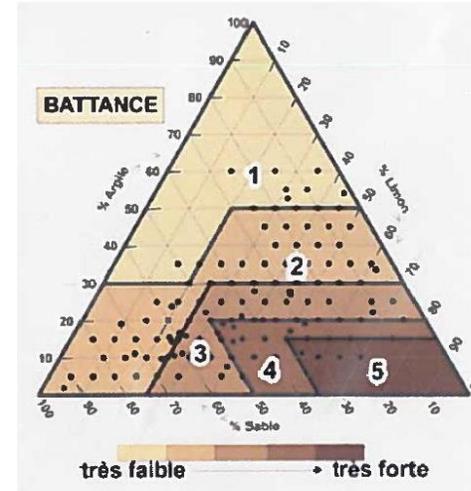


Diagramme battance

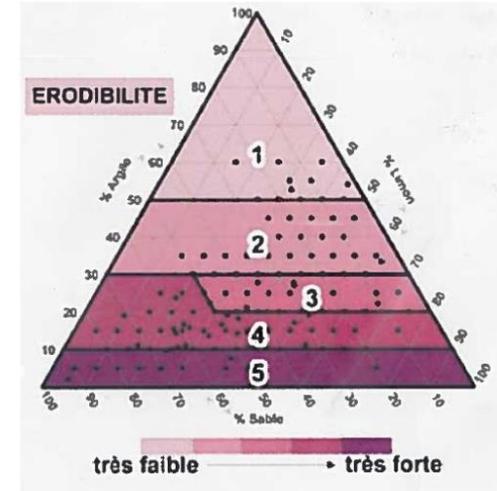
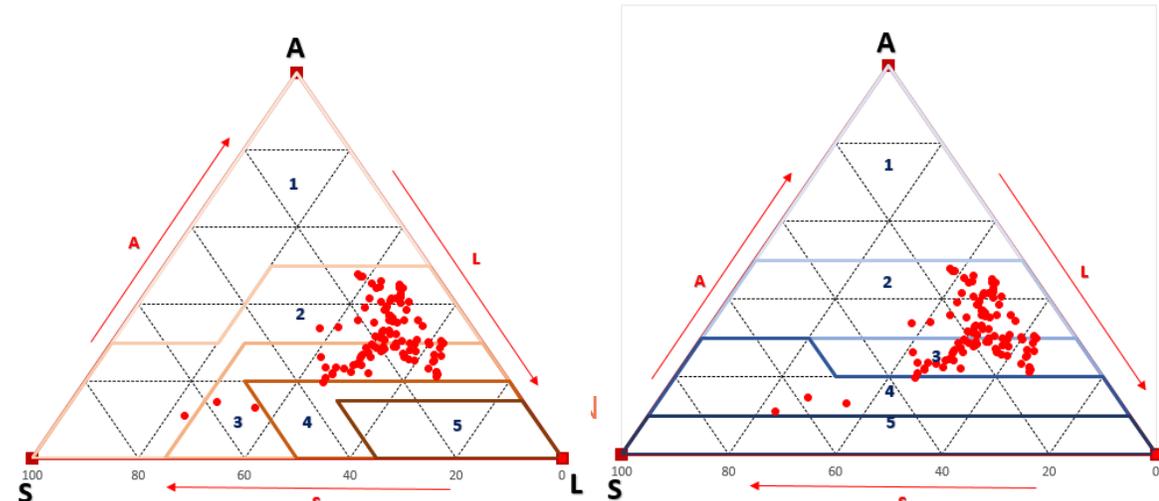


Diagramme érodibilité

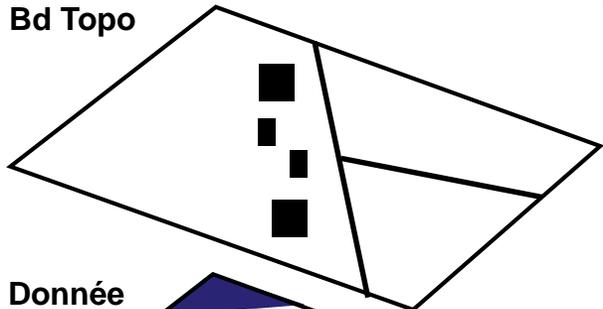
Valeur Perméabilité	Note perméabilité
1	1
2	25
3	50
4	75
5	100



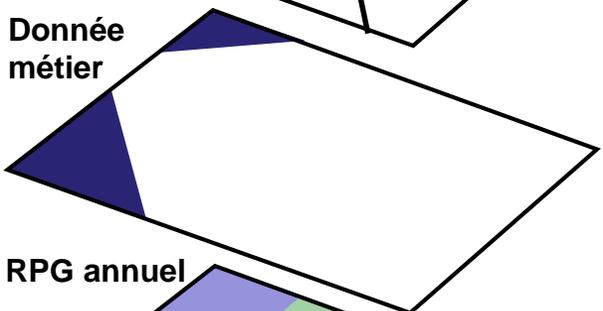
CRUS : DANS LE DÉTAIL

L'occupation des sols

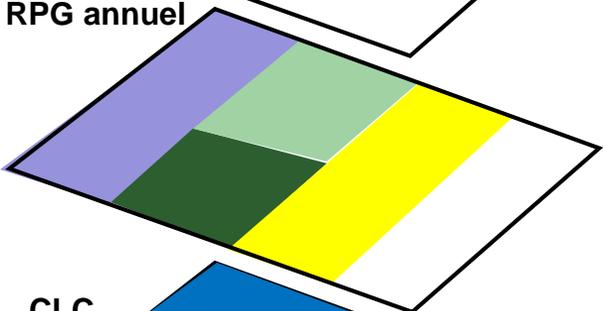
Bd Topo



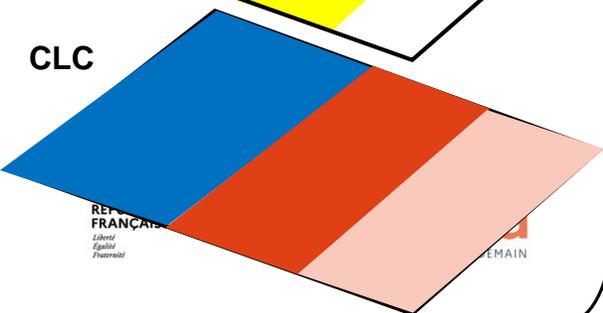
Donnée métier



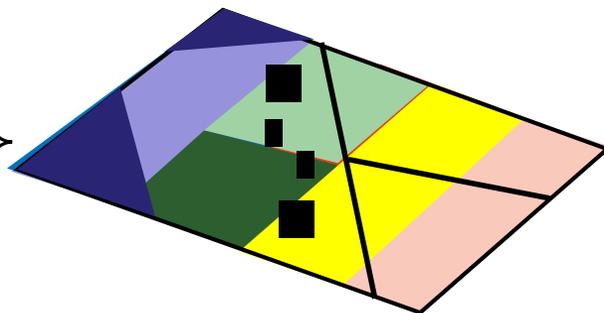
RPG annuel



CLC



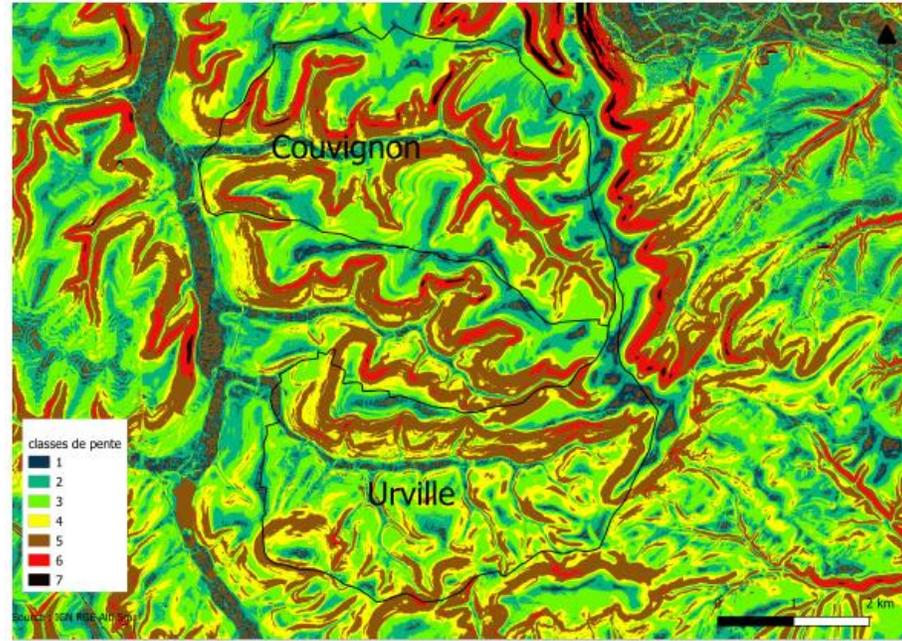
Occupation du sol	Note occupation du sol
Forêt	0
Prairies/vergers	20
Cultures fermées	40
Cultures ouvertes	80
Sol nu/zones urbaines	100



CRUS : DANS LE DÉTAIL

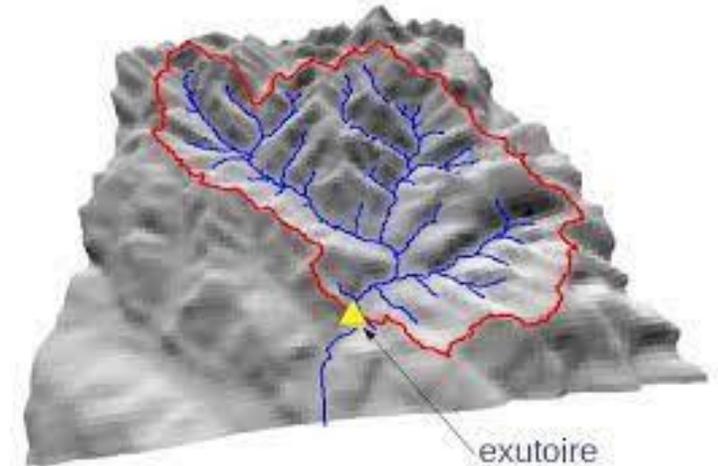
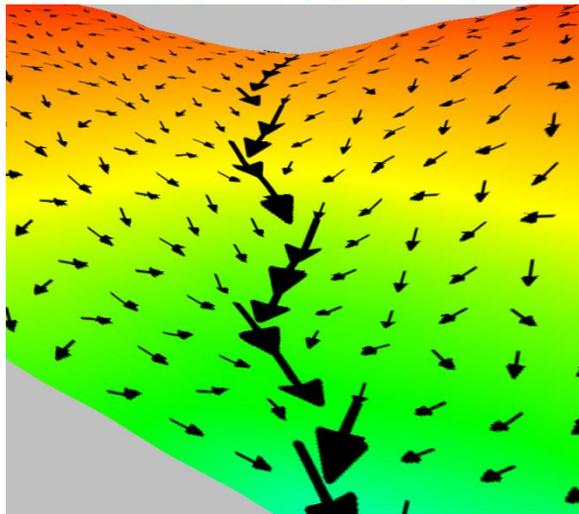
Modèle numérique de terrain

Calcul note CRUS



Classe de pente	Note pente
0-2	5
2-5	15
5-10	25
10-15	50
15-30	60
30-50	80
>50	100

Calcul axes de drainage
Watershed et Exzeco



RGE ALTI®

CRUS : DANS LE DÉTAIL

Calcul de la note CRUS

$$\text{Note CRUS} = [(C^{\text{Permea}} * \text{Note Permea} + C^{\text{OccSol}} * \text{Note OccSol} + C^{\text{Pente}} * \text{Note Pente})] * C^{\text{Battance}} f(\text{Valeur Battance et Note OccSol})$$

Avec : $0 < \text{Note Permea}, \text{Note OccSol}, \text{Note Pente} < 100$
 $C^{\text{Permea}} + C^{\text{OccSol}} + C^{\text{Pente}} = 1$
 $0 < C^{\text{Permea}}, C^{\text{OccSol}}, C^{\text{Pente}} < 1$
 $1 < \text{Valeur Battance} < 5$
 $1 < C^{\text{Battance}} < 1,6$

Jeu coeff. standardisé :

Perméa 0,4 / occupation du sol 0,35 / pente 0,25



Valeur Perméabilité	Note perméabilité
1	1
2	25
3	50
4	75
5	100

Occupation du sol	Note occupation du sol
Forêt	0
Prairies/vergers	20
Cultures fermées	40
Cultures ouvertes	80
Sol nu/zones urbaines	100

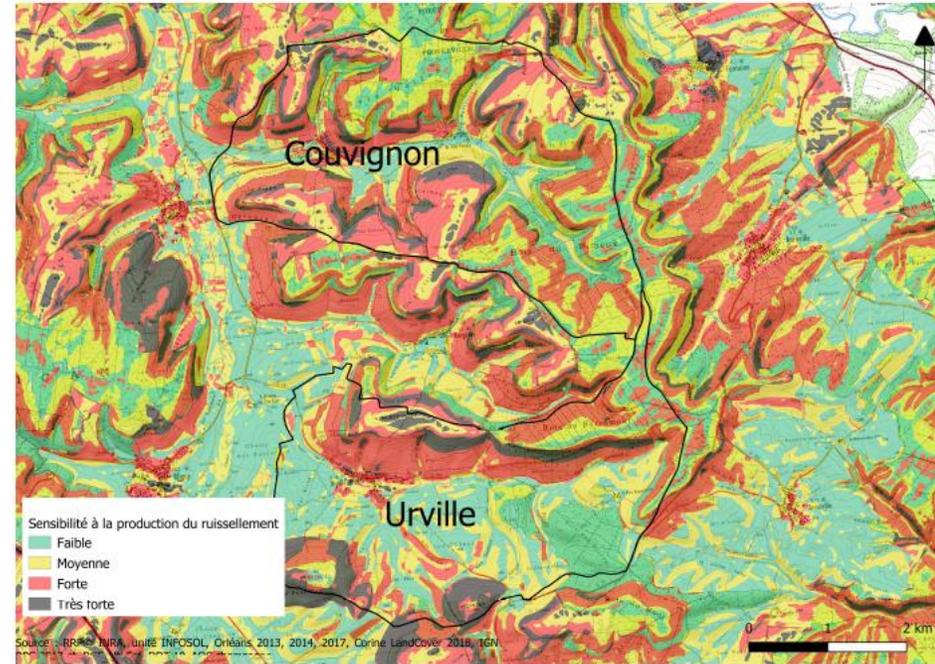
Classe de pente	Note pente
0-2	5
2-5	15
5-10	25
10-15	50
15-30	60
30-50	80
>50	100

Occupation du sol	Valeur battance	Combinaison Perméa/occup sol/pente	Facteur multiplicatif	Note CRUS
Cultures fermées Cultures ouvertes Sols nus	1	α	1	α
	2	α	1	α
	3	α	1,15	$1,15 * \alpha$
	4	α	1,35	$1,35 * \alpha$
	5	α	1,6	$1,60 * \alpha$

CRUS : DANS LE DÉTAIL

Cartographie de la sensibilité à la production

Classe		Sensibilité
0	Note CRUS < 32	Faible
1	32 =< Note CRUS < 42	Moyenne
2	42=<Note CRUS < 55	Forte
3	Note CRUS >= 55	Très forte



Foret		Pentes en %						
		0 à 2	2 à 5	5 à 10	10 à 15	15 à 30	30 à 50	>50
Sol	sableux	1						
	sablo-limoneux	25						
	limoneux	50						
	limono-argileux	75						
	argileux	100						

Prairie		Pentes en %						
		0 à 2	2 à 5	5 à 10	10 à 15	15 à 30	30 à 50	>50
Sol	sableux	1						
	sablo-limoneux	25						
	limoneux	50						
	limono-argileux	75						
	argileux	100						

Culture fermée		Pentes en %						
		0 à 2	2 à 5	5 à 10	10 à 15	15 à 30	30 à 50	>50
Sol	sableux	1						
	sablo-limoneux	25						
	limoneux	50						
	limono-argileux	75						
	argileux	100						

Culture ouverte		Pentes en %						
		0 à 2	2 à 5	5 à 10	10 à 15	15 à 30	30 à 50	>50
Sol	sableux	1						
	sablo-limoneux	25						
	limoneux	50						
	limono-argileux	75						
	argileux	100						

Sol nu/zone urbaine		Pentes en %						
		0 à 2	2 à 5	5 à 10	10 à 15	15 à 30	30 à 50	>50
Sol	sableux	1						
	sablo-limoneux	25						
	limoneux	50						
	limono-argileux	75						
	argileux	100						

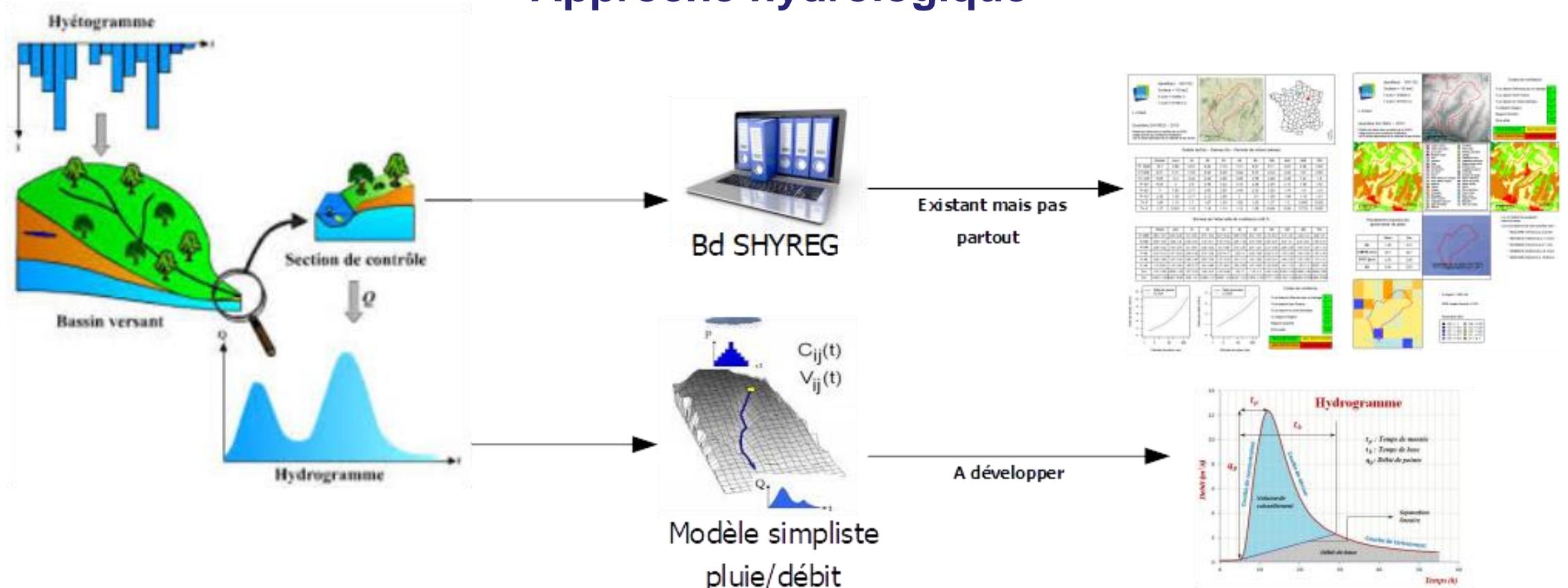
Culture fermée		Pentes en %						
		0 à 2	2 à 5	5 à 10	10 à 15	15 à 30	30 à 50	>50
Sol	sableux	1						
	sablo-limoneux	25						
	limoneux	50						
	limono-argileux	75						
	argileux	100						

Culture ouverte		Pentes en %						
		0 à 2	2 à 5	5 à 10	10 à 15	15 à 30	30 à 50	>50
Sol	sableux	1						
	sablo-limoneux	25						
	limoneux	50						
	limono-argileux	75						
	argileux	100						

Sol nu/zone urbaine		Pentes en %						
		0 à 2	2 à 5	5 à 10	10 à 15	15 à 30	30 à 50	>50
Sol	sableux	1						
	sablo-limoneux	25						
	limoneux	50						
	limono-argileux	75						
	argileux	100						

CRUS : DANS LE DÉTAIL

Approche hydrologique



Initiation d'une approche hydrologique couplée à CRUS avec

- Evaluation des débits de pointe et des volumes correspondant (formule rationnelle et méthode Curve Number)
- Possibilité de se projeter dans le changement climatique (majoration de 20 à 30 % de la pluie)



CRUS : DANS LE DÉTAIL

Approche sédimentaire

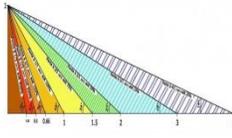
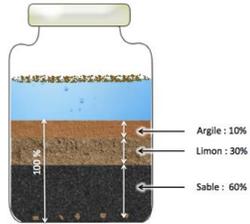
Utilisation de l'équation universelle des pertes en terre

Précipitations

Pédologie (A/S/L)

Pente

Occupation du sol



$$A = R * K * L * S * C * P \text{ (T/Ha/an)}$$

R : Est le facteur d'érosivité, $R = a * P_j$ avec $a = 1,3$ et P_j la précipitation annuelle en mm

K : Facteur d'érodibilité du sol (tableau 2 ci-contre)

L : Indice de pente, $L = 1,4 * (A_s / 22,13)^{0,4}$ où A_s est la surface de contribution spécifique

S : Facteur de longueur de pente, $S = (\sin(\beta) / 0,0896)^{1,3}$ où β est l'angle de pente en degrés

C : Facteur d'exploitation du couvert, correspondance avec les notes d'occupation de la méthode CRUS (tableau 1 ci-contre)

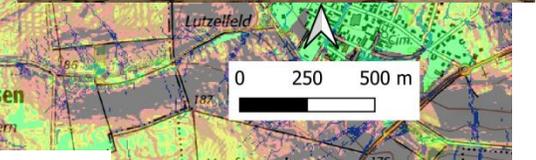
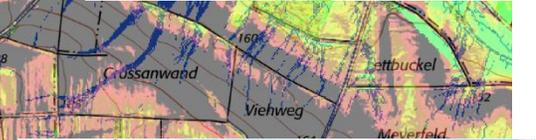
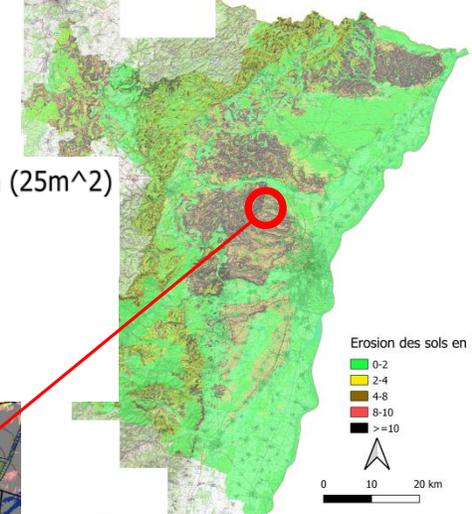
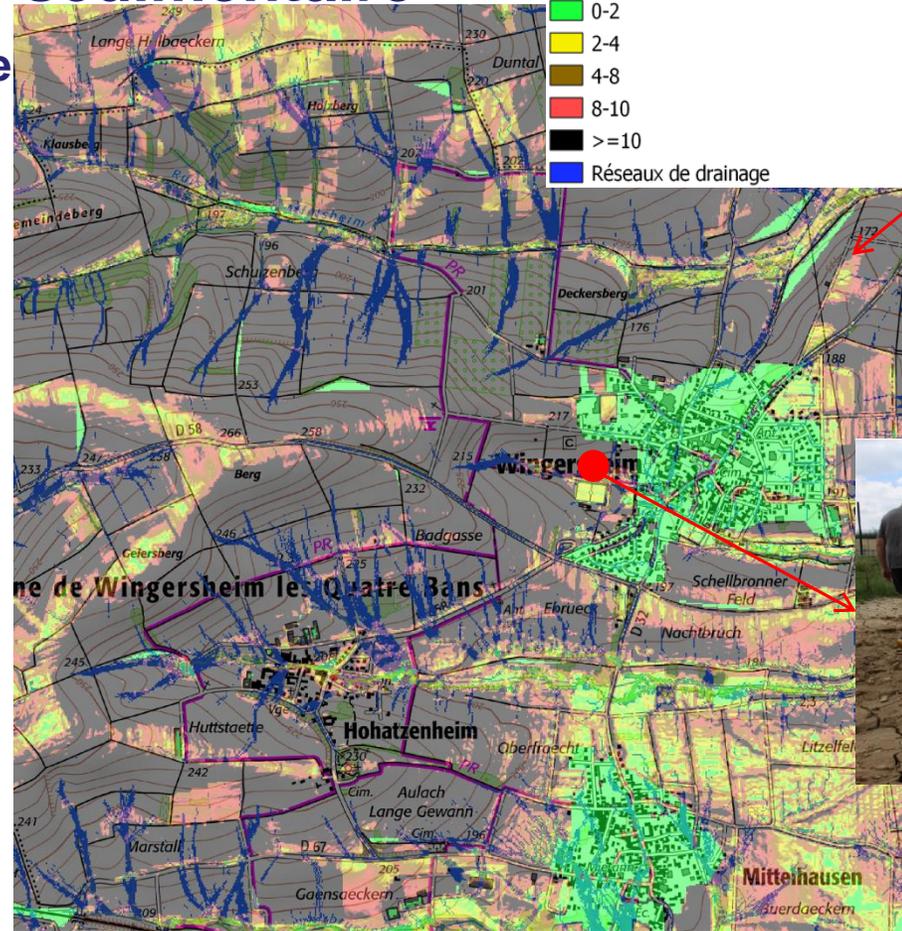
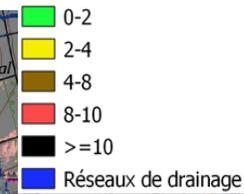
P : Facteur de pratique de conservation, ici égale à 1 car culture dans le sens de la pente

Note occupation	0	20	40	80
C	0,02	0,1	30	45

Tableau 1 : Correspondance entre les notes du couvert végétal et les notes d'occupation CRUS



Erosion des sols en kg/pixel/an ($25m^2$)



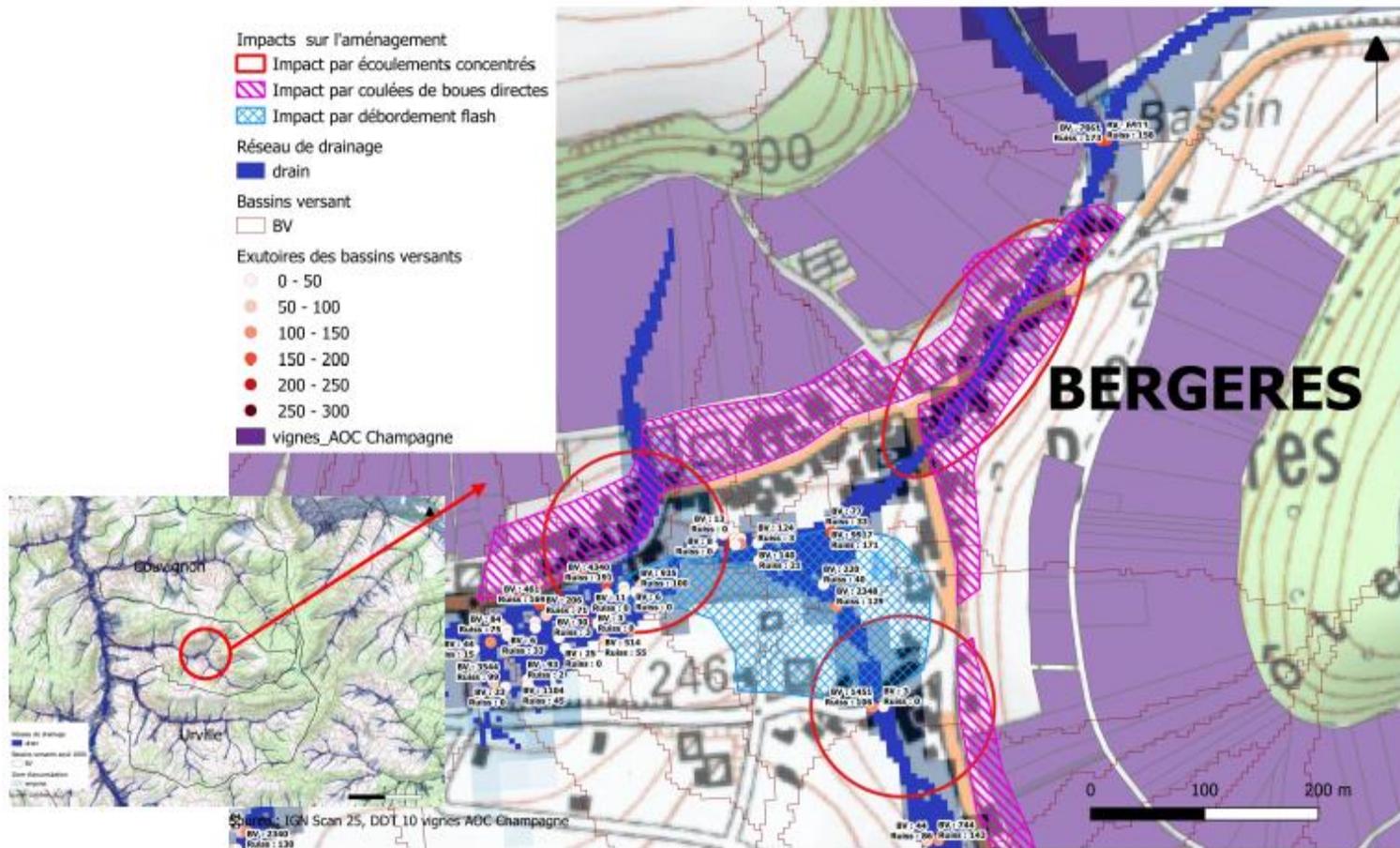
TEXT	Dominant surface textural class. (Present in: STU)	% clay	% silt	% sand	K
0	No information	-	-	-	-
9	No texture (histosols, ...)	-	-	-	-
1	Coarse (clay < 18 % and sand > 65 %)	9	8	83	0.0115
2	Medium (18% < clay < 35% and sand > 15%, or clay < 18% and 15% < sand < 65%)	27	15	58	0.0311
3	Medium fine (clay < 35 % and sand < 15 %)	18	74	8	0.0438
4	Fine (35 % < clay < 60 %)	48	48	4	0.0339
5	Very fine (clay > 60 %)	80	20	0	0.0170

Tableau 2 : Estimation du risque d'érosion en Italie (van der Knijff et al, 2000)

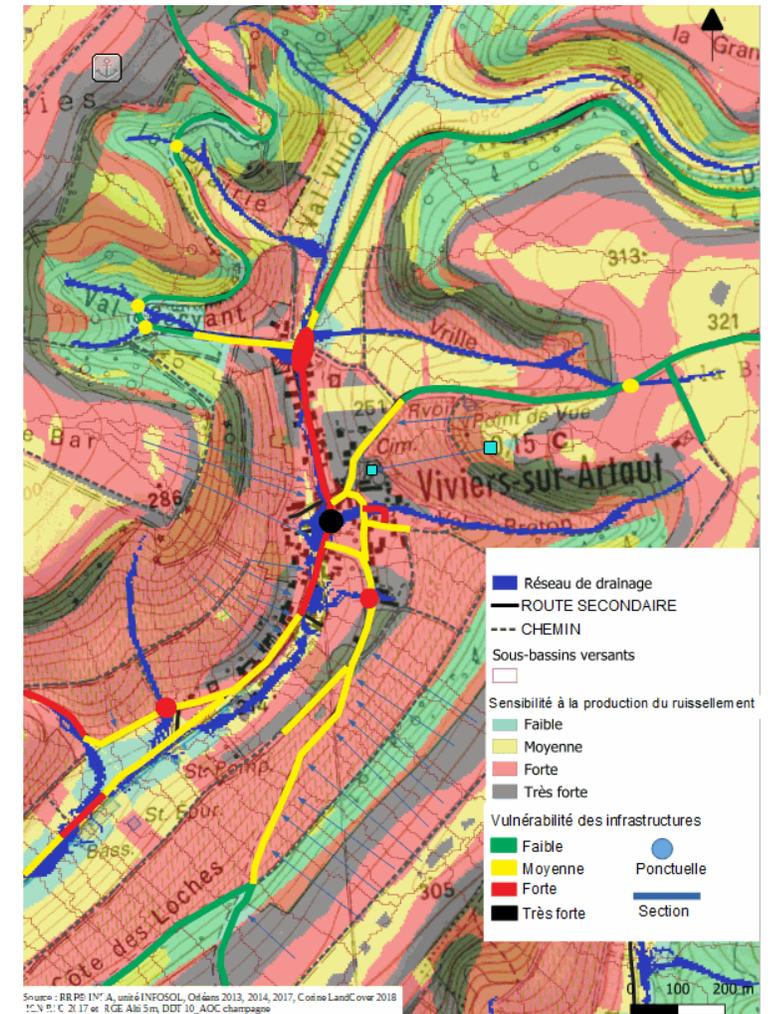
décembre 2023

CRUS : EN DÉVELOPPEMENT

Evaluation de la vulnérabilité



Vulnérabilité de l'aménagement



Vulnérabilité des infrastructures

CRUS : EN DÉVELOPPEMENT

Evaluation de l'incidence actions



Changement de pratiques/occupation du sol



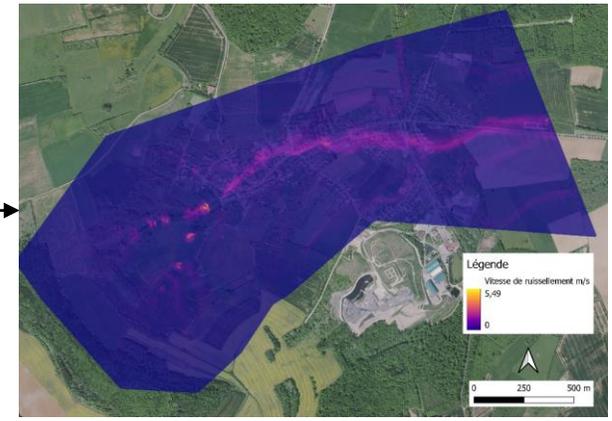
Mesures de lutte contre le ruissellement

TELEMAC 2D :

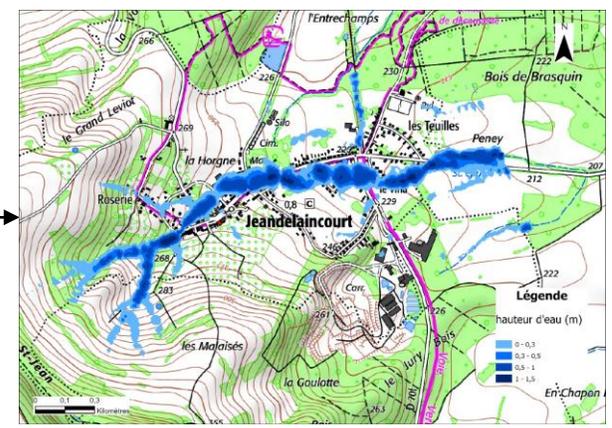
Modélisation du ruissellement



Maillage avec lignes de contraintes



Modélisations des vitesses de ruissellement



Modélisation des hauteurs d'eau

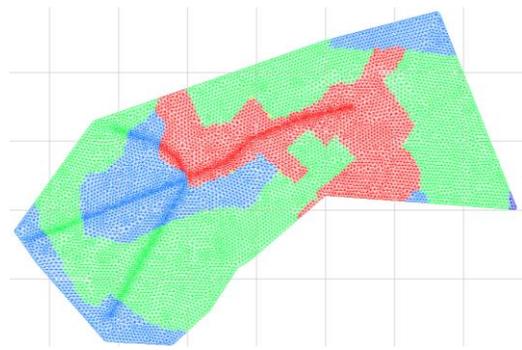
#HYETOGRAMME

#Temps (s)	Pluie (mm)
0	0
3600	0
7200	0
10800	0
14400	0
18000	0
21600	0
25200	0.4
28800	0.6
32400	1.4
36000	1.7
39600	1.6
43200	3.6

Hyétoqramme



Coefficient de frottement



TELEMAC 2D :

Le maillage

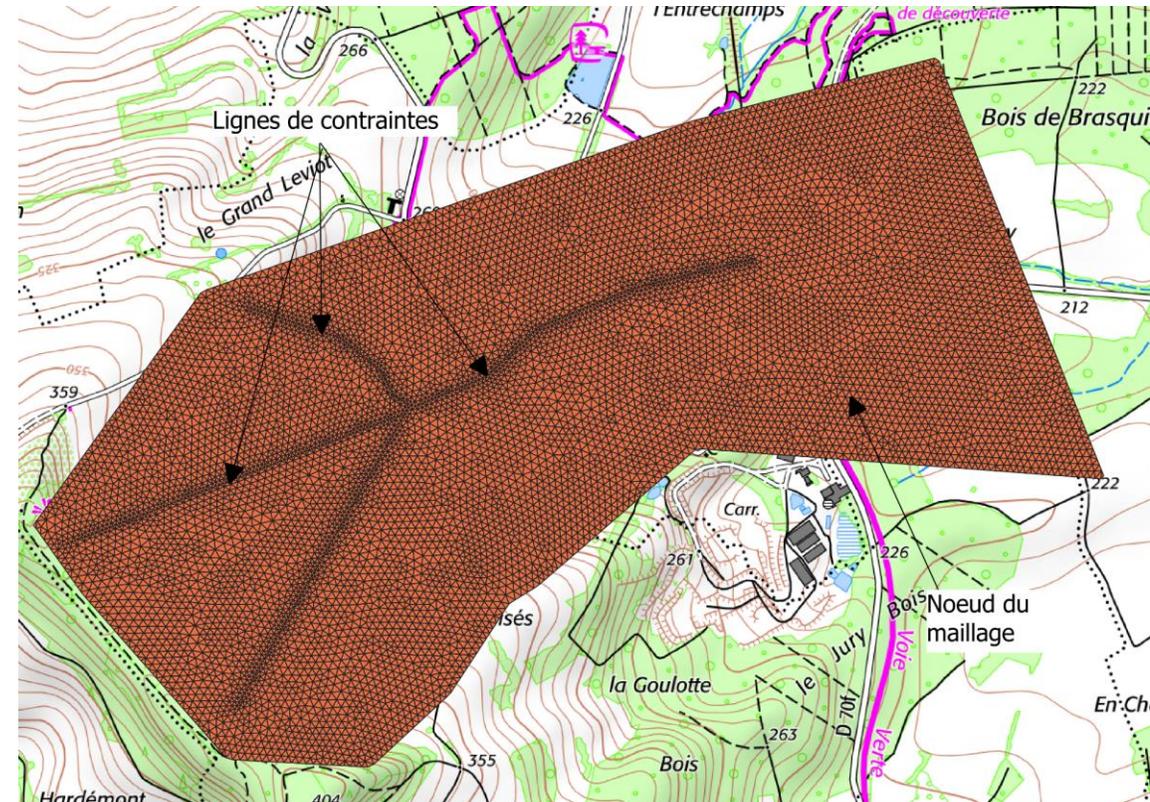
Création du Maillage :

Dans Qgis :

- Délimitation du contour de la zone :
- Mise en place des lignes de contrainte (chemin préférentiel d'écoulement de l'eau) à l'aide du réseau de drainage watershed (calculé via le MNT).

Dans BlueKenue :

- Calcul d'un maillage : ci-contre, maillage tous les 10 mètres avec une densification sur les lignes de contrainte. Plus le maillage est dense, plus le temps de calcul augmente.
- Incrémentation du MNT dans le maillage pour obtenir une valeur d'élévation par nœud.



Maillage sur la commune de Jeandelaincourt (54).

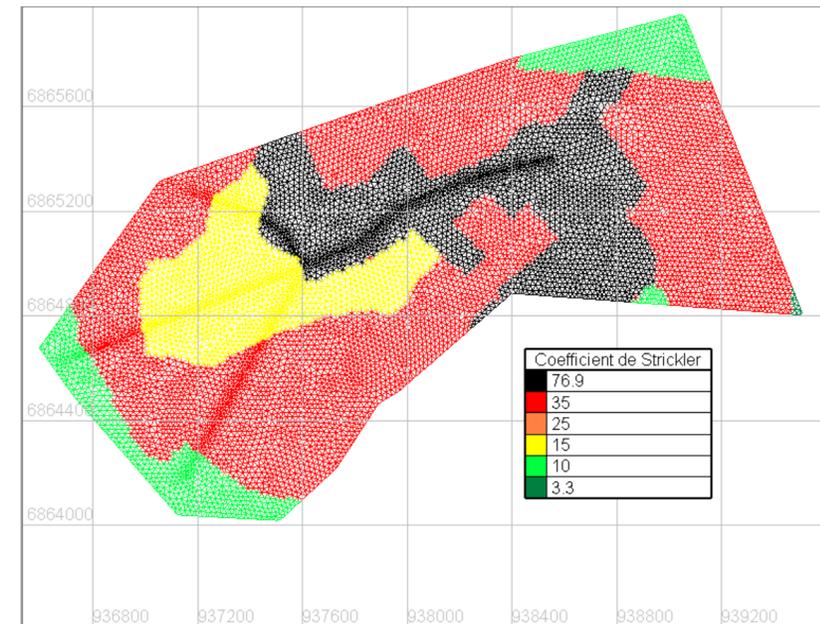
TELEMAC 2D :

Le coefficient de frottement

Frottement déterminé par le coefficient de Strickler (Manning = $1/\text{Strickler}$) :

- Plus le coefficient de Strickler est élevé, moins il y a de frottement. Par conséquent, les vitesses de ruissellement sont élevées, et inversement pour de faibles valeurs du coefficient de Strickler.
- La spatialisation des zones de frottement est déterminée via l'occupation du sol CORINE Land Cover, utilisée lors de la méthode CRUS.
- On injecte ensuite la spatialisation des zones de frottement dans le maillage créé précédemment.

2. Flood Plains			
a. Pasture no brush			
1. Short grass	0.025	0.030	0.035
2. High grass	0.030	0.035	0.050
b. Cultivated areas			
1. No crop	0.020	0.030	0.040
2. Mature row crops	0.025	0.035	0.045
3. Mature field crops	0.030	0.040	0.050

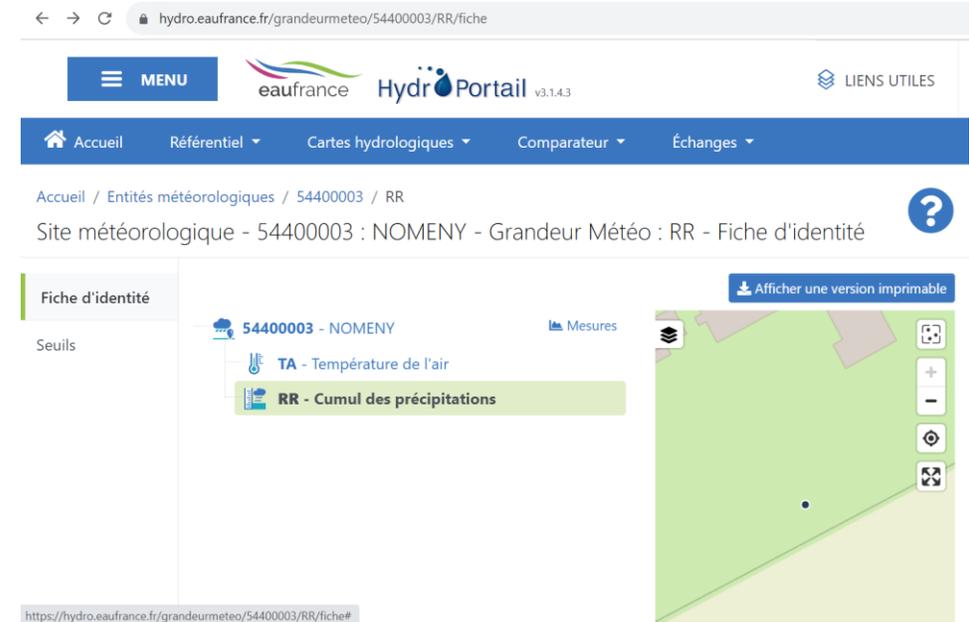


TELEMAC 2D :

Le hyétogramme

Collecte des cumuls des précipitations :

- Cumuls pris sur les stations météorologiques présentes sur l'hydro portail.
(<https://hydro.eaufrance.fr/rechercher/entites-meteorologiques>)
- S'il n'y a pas de station dans notre zone d'étude, nous prenons la plus proche, à condition qu'elle soit située dans un rayon de 5 à 10 kilomètres maximum. Au-delà, il y a trop de différences pour les événements orageux."



Mise en page des cumuls de précipitations dans un fichier .txt :

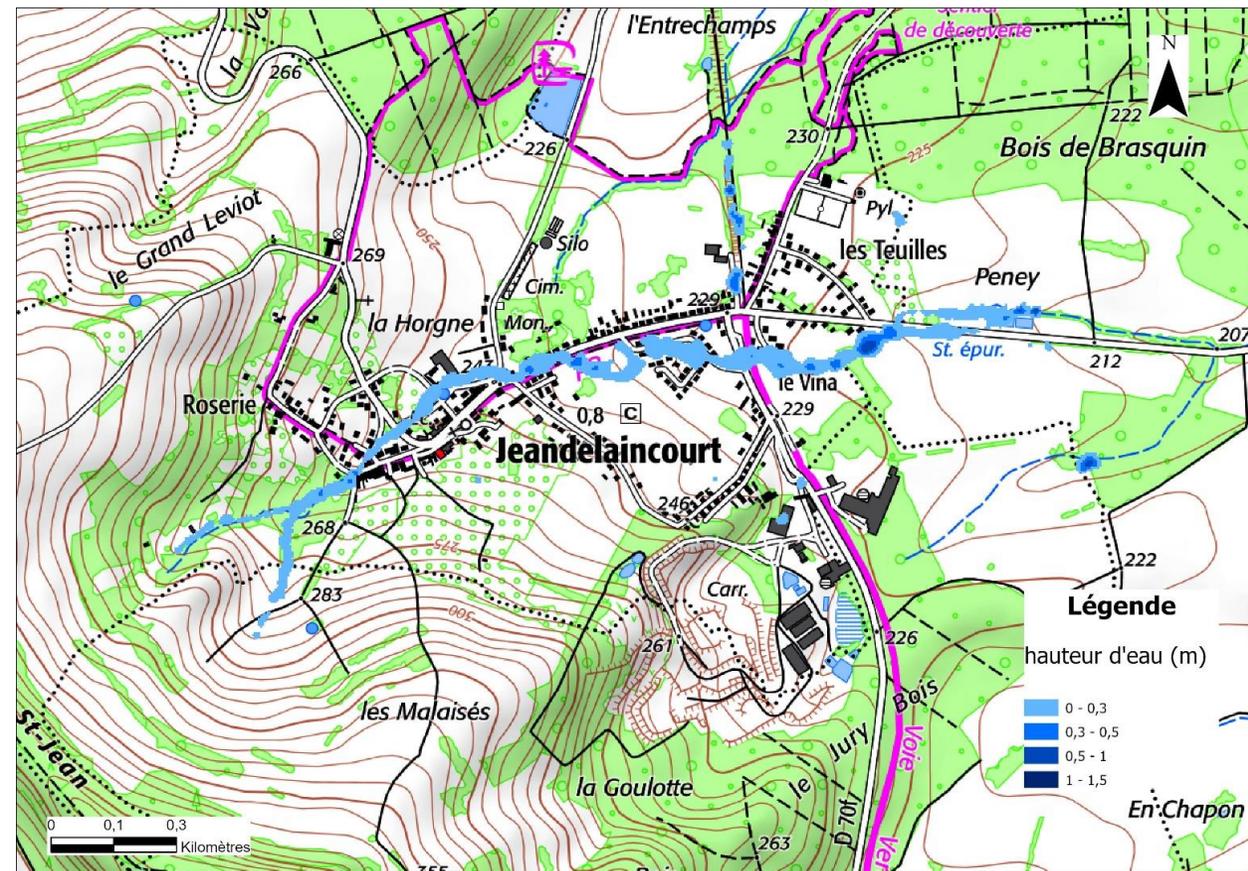
- 1^{er} colonne : durée de l'événement en secondes.
- 2^{ème} colonne : précipitation en millimètres.

```
#HYETOGRAMME
#Temps (s) Pluie (mm)
0 0
3600 0
7200 0
10800 0
14400 0
18000 0
21600 0
25200 0.4
28800 0.6
32400 1.4
36000 1.7
39600 1.6
43200 3.6
```

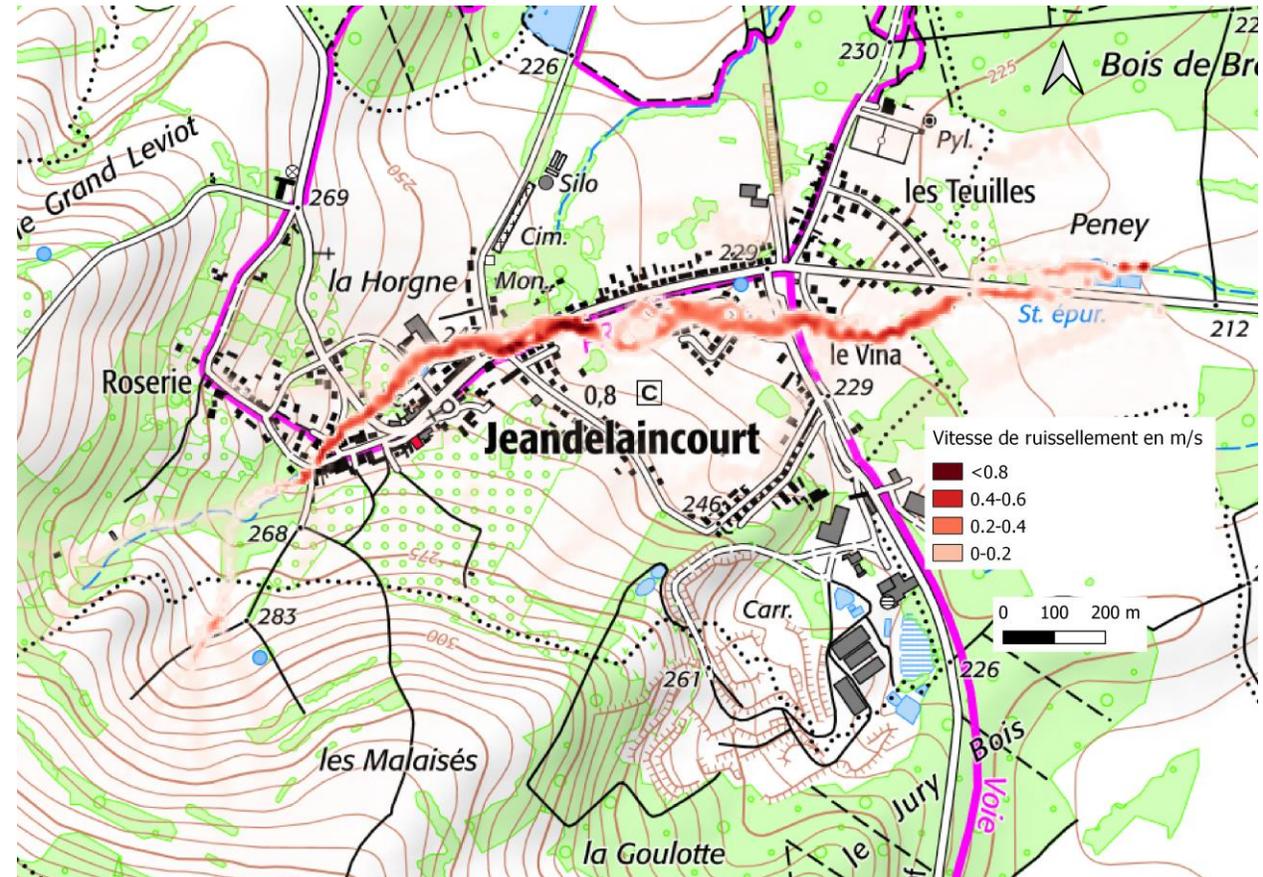
Jour

TELEMAC 2D :

Exemple de résultats sur Jeandelaincourt (54) suite à l'orage du 9 avril 2022



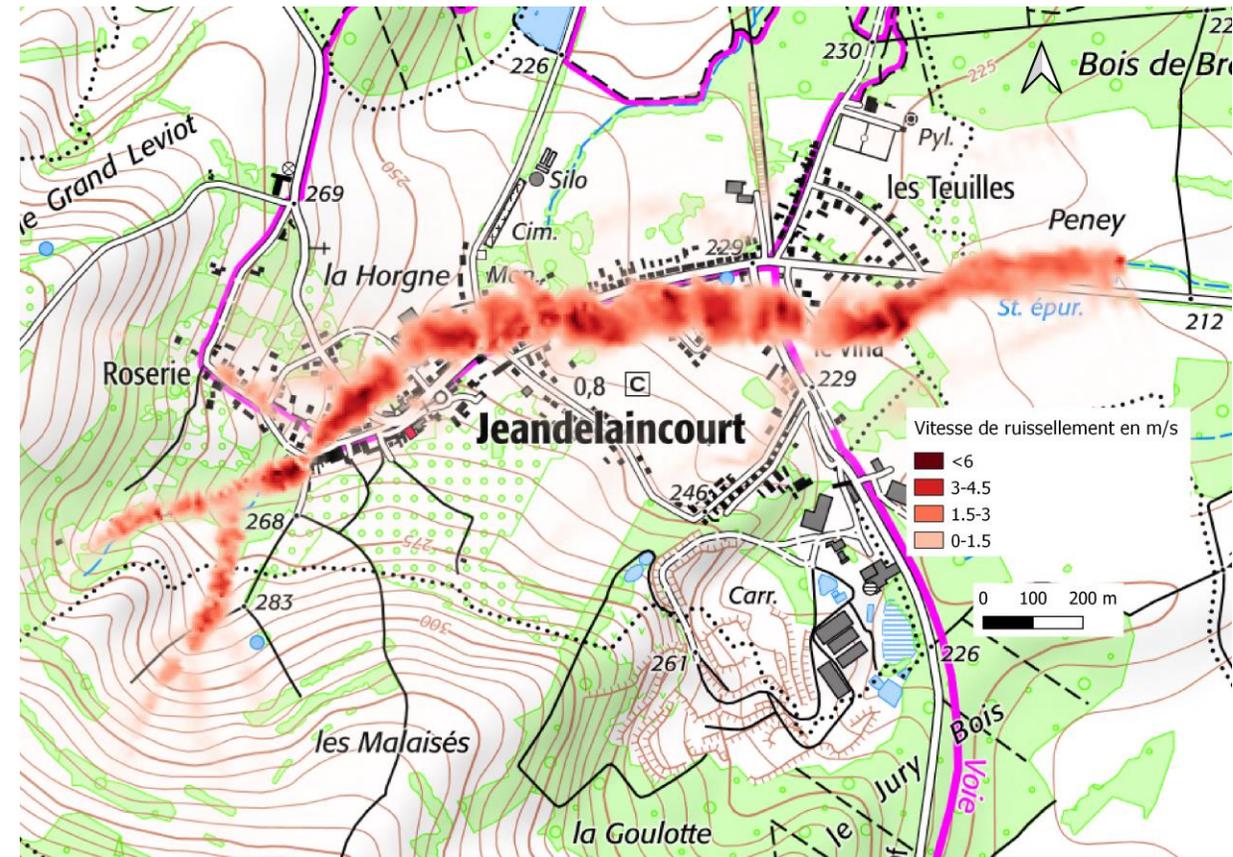
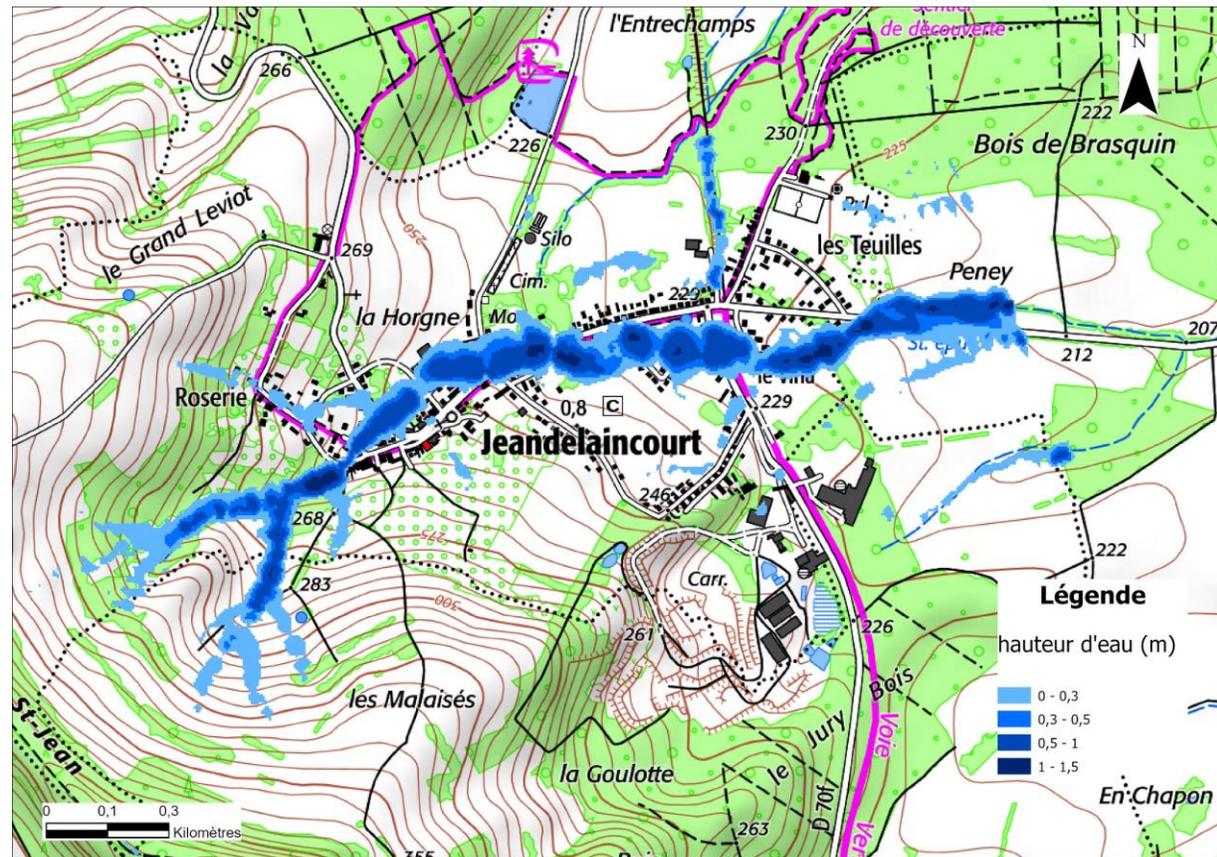
Hauteurs d'eau moyennes entre 0 et 0,3 m



Vitesses de ruissellement moyennes entre 0,4 et 0,6 m/s avec des pointes supérieures 0,8 m/s

TELEMAC 2D

Prise en compte du changement climatique



- Événement pluvieux simulé à partir d'un hyétogramme pris sur une station.
- Modification effectuée via les estimations faites par le DRIAS. (<https://www.drias-climat.fr/decouverte>)



Merci de votre attention

LABALME Adrien

Adrien.labalme@cerema.fr