

Les inondations par ruissellement :
quelle gestion pour nos territoires ?

Ruissellements : de quoi est-il question ?

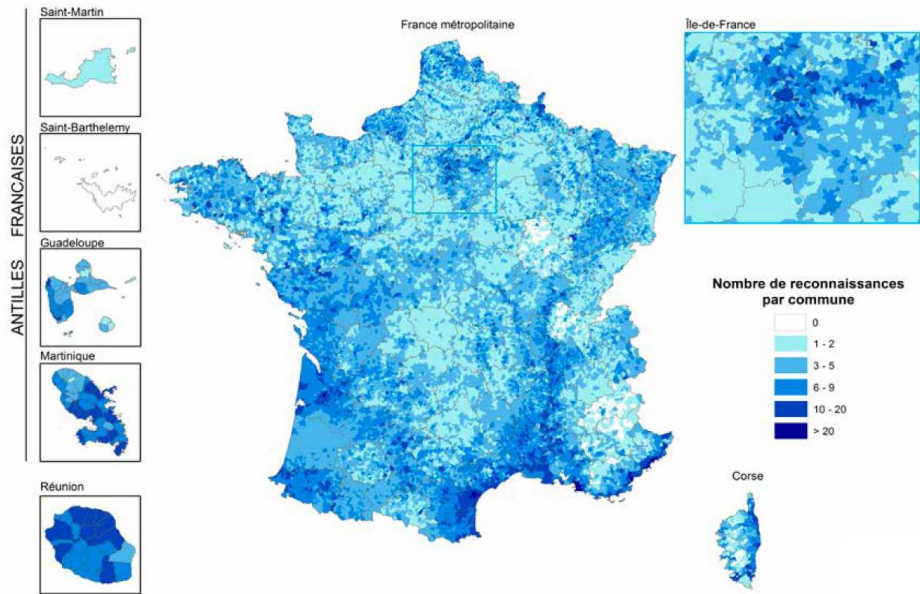


Eric GAUME

Université Gustave Eiffel et Société Hydrotechnique de France

1/4 Le risque ruissellement en France

Le risque ruissellement en France

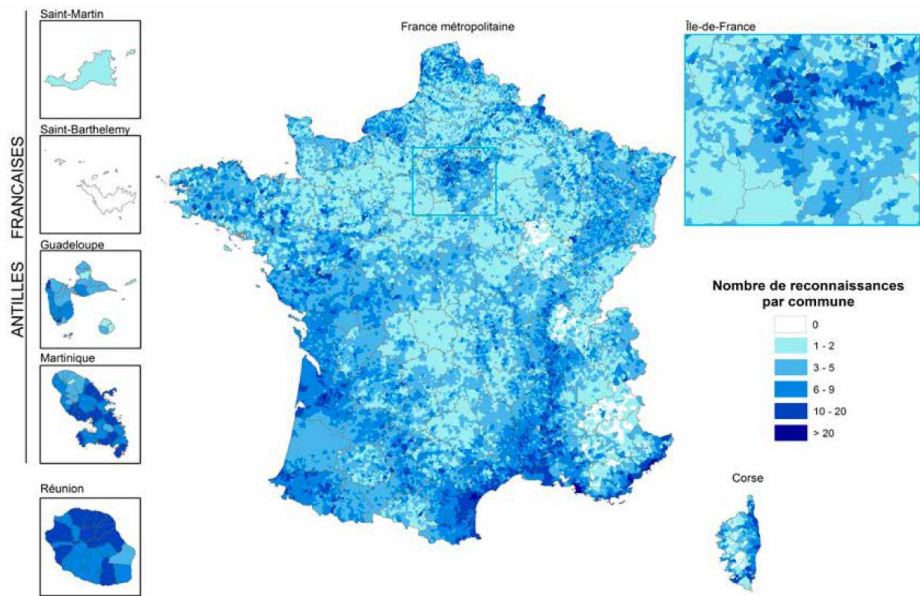


Nombre de reconnaissances CAT NAT par commune au titre des inondations - 1982-2016 (CCR)

Répartition de la part des coûts € des sinistres inondation selon la nature de l'aléa - sinistres 1995-2019 (CCR)

Débordement de cours d'eau	Ruissellement au sens large	
	ruissellement modélisé	hors zones d'aléa modélisées
40 %	20 %	40 %

Le risque ruissellement en France



Nombre de reconnaissances CAT NAT par commune au titre des inondations - 1982-2016 (CCR)

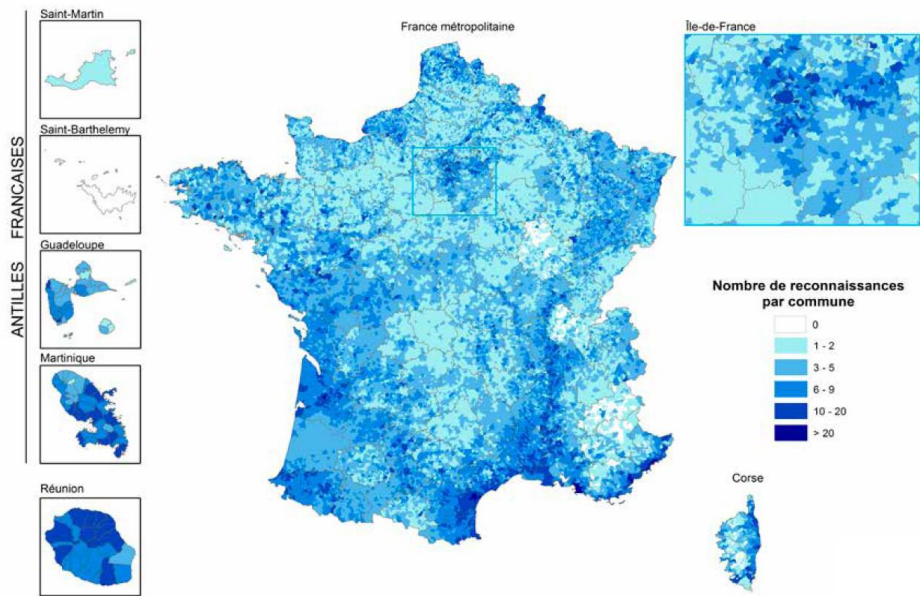
Répartition de la part des coûts € des sinistres inondation selon la nature de l'aléa - sinistres 1995-2019 (CCR)

Débordement de cours d'eau	Ruissellement au sens large	
	ruissellement modélisé	hors zones d'aléa modélisées
40 %	20 %	40 %

Conclusion : 1/3 des montants des sinistres "ruissellement", mais 80% des repères de crues "ruissellement" dans les zones d'aléa modélisées (source CCR).

➔ **Les sinistres "ruissellement" sont de natures variées**

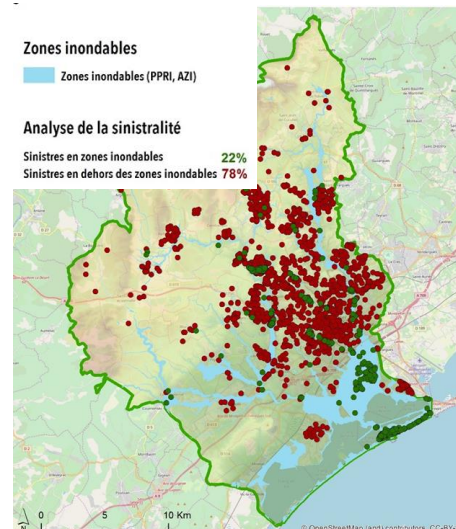
Le risque ruissellement en France



Nombre de reconnaissances CAT NAT par commune au titre des inondations - 1982-2016 (CCR)

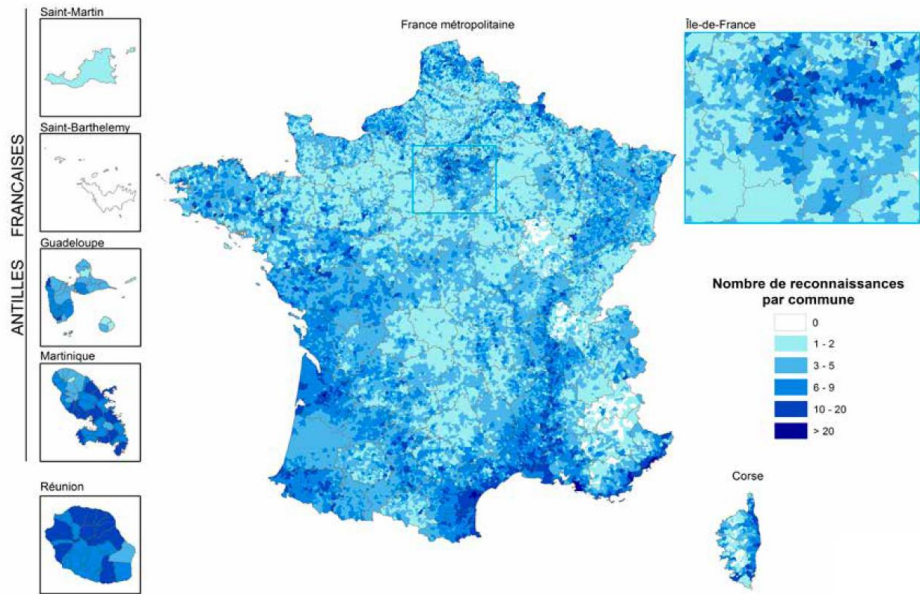
Répartition de la part des coûts € des sinistres inondation selon la nature de l'aléa - sinistres 1995-2019 (CCR)

Débordement de cours d'eau	Ruissellement au sens large	
	ruissellement modélisé	hors zones d'aléa modélisées
40 %	20 %	40 %



Sinistres en 2014 sur le bassin versant du Lez (34)

Le risque ruissellement en France



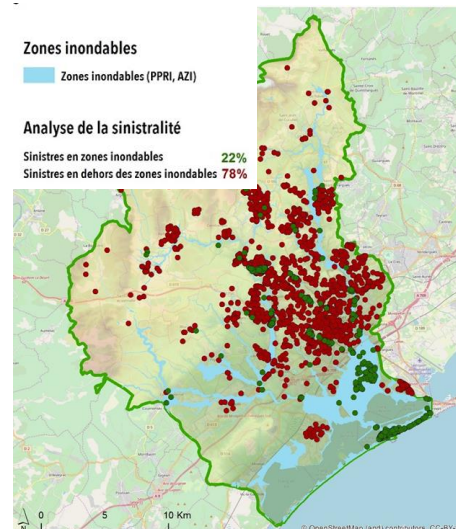
Nombre de reconnaissances CAT NAT par commune au titre des inondations - 1982-2016 (CCR)

Répartition de la part des coûts € des sinistres inondation selon la nature de l'aléa - sinistres 1995-2019 (CCR)

Débordement de cours d'eau	Ruissellement au sens large	
	ruissellement modélisé	hors zones d'aléa modélisées
40 %	20 %	40 %

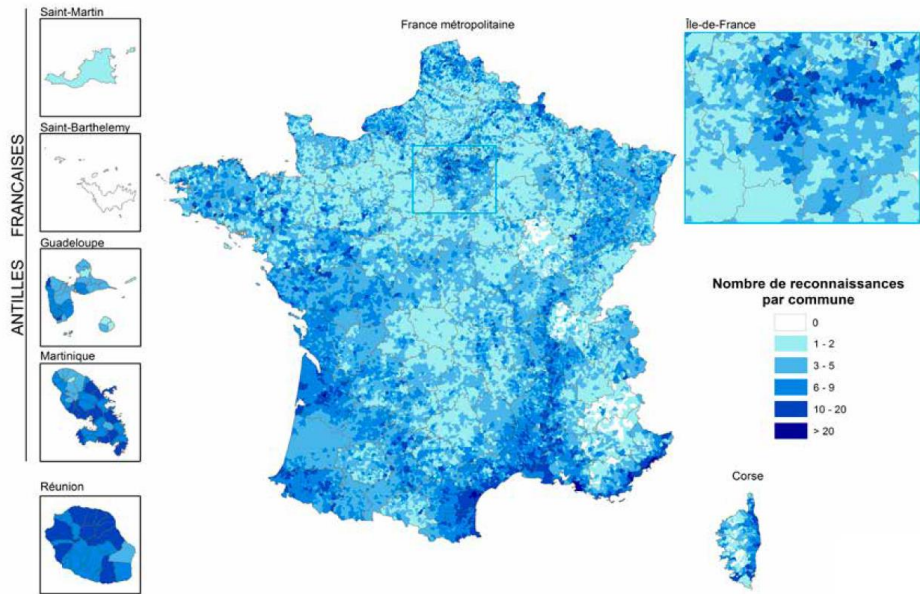
Coût moyen d'un sinistre par type de risque (CCR)

	Débordement	Ruissellement
Particuliers	11 k€	7 k€
Professionnels	35 k€	20 k€
Coût moyen/sinistre	14 k€	8 k€



Sinistres en 2014 sur le bassin versant du Lez (34)

Le risque ruissellement en France



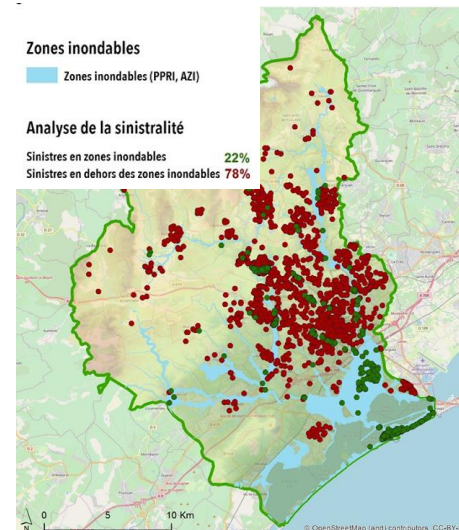
Nombre de reconnaissances CAT NAT par commune au titre des inondations - 1982-2016 (CCR)

Répartition de la part des coûts € des sinistres inondation selon la nature de l'aléa - sinistres 1995-2019 (CCR)

Débordement de cours d'eau	Ruissellement au sens large	
	ruissellement modélisé	hors zones d'aléa modélisées
40 %	20 %	40 %

Coût moyen d'un sinistre par type de risque (CCR)

	Débordement	Ruissellement
Particuliers	11 k€	7 k€
Professionnels	35 k€	20 k€
Coût moyen/sinistre	14 k€	8 k€



Sinistres en 2014 sur le bassin versant du Lez (34)

part des sinistres par périodes de retour Période 1995-2019 (CCR)

Période de retour	sinistres	Coût
< 20 ans	55 %	62 %
20-50 ans	23 %	20 %
50-100 ans	9 %	8 %
100-200 ans	7 %	6 %
> 200 ans	6 %	5 %

Le risque ruissellement en France : conclusions

- L'ensemble du territoire national est concerné à des degrés divers
- 60% des coûts des sinistres inondation sont attribués aux ruissellements
- Le coût moyen d'un sinistre ruissellement est élevé
- Les sinistres ruissellements sont liés à des événements exceptionnels, mais aussi à des événements courants
- Ces sinistres « ruissellement » ont des origines très diverses

2/4 Caractérisation de l'aléa ruissellement

Quelques définitions

- Le ruissellement est un écoulement instantané et temporaire, diffus ou concentré, des eaux sur un versant à la suite d'une averse ou de la fusion nivale (définition Larousse)
- A pluvial flood occurs when an extreme rainfall event creates a flood independent of an overflowing water body. A common misconception about flood is that you must be located near a body of water to be at risk (Suiss Ré)

Le ruissellement désigne donc tout écoulement de surface en dehors du réseau hydrographique pérenne, quelle que soit l'origine de cet écoulement

Enseignement de l'hydrologie sur l'origine des ruissellements

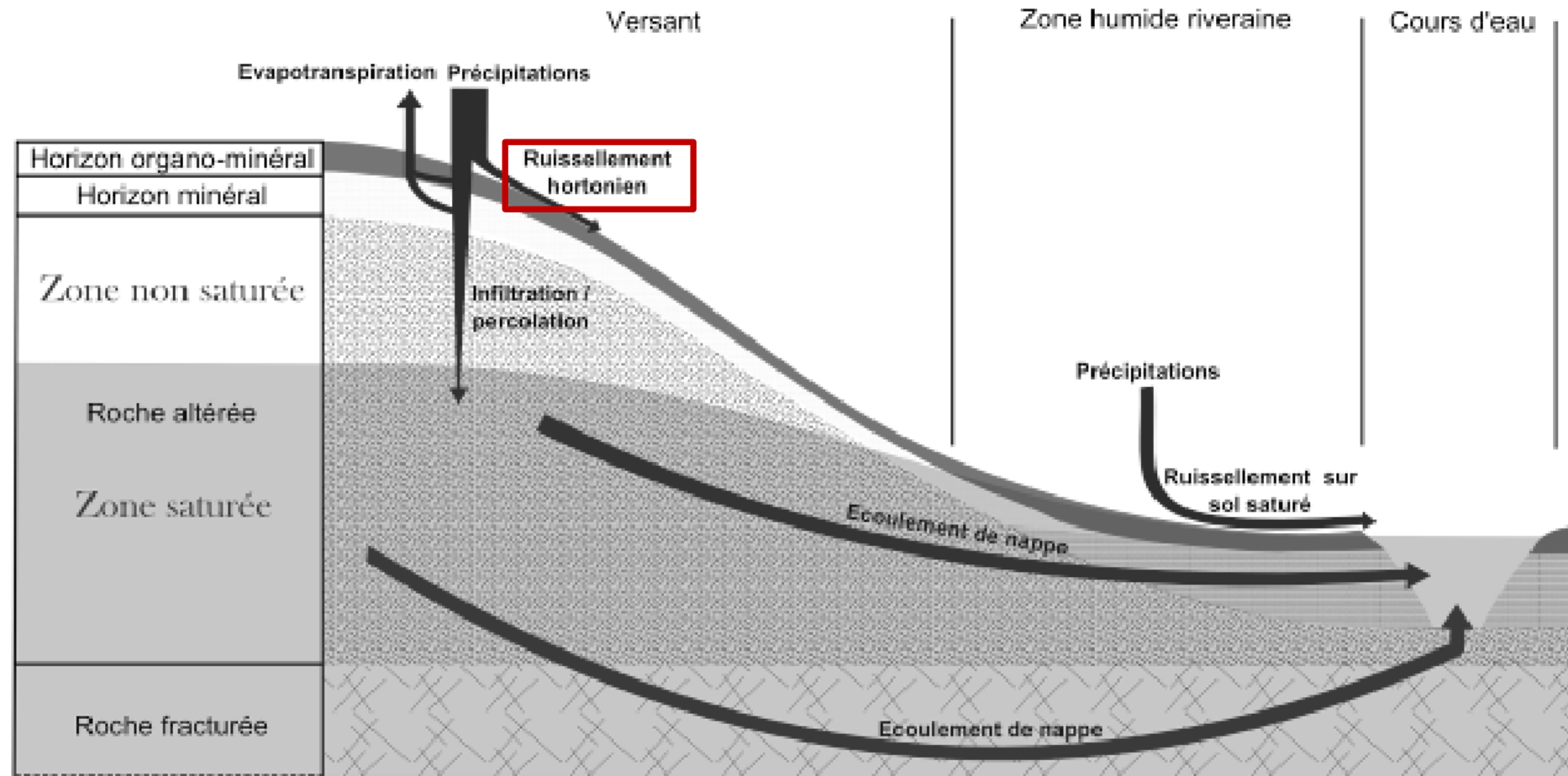


Figure 2-1: Schéma général de circulation des eaux dans un bassin versant sur socle.

Enseignement de l'hydrologie sur l'origine des ruissellements

Ordres de grandeur de conductivités à saturation des sols (Soltner, 1990)

Type de sol	K_s (mm/h)
Limon argileux peu perméable	6
Alluvions assez perméables	20
Alluvions perméables	100
Terre sableuse très perméable	500

Ordres de grandeur des intensités pluviométriques

	Intensité / 5min (mm/h)	Intensité horaire (mm/h)
Nord de la France T = 1 an	66	14
Méditerranée T =1 ans	100	26
Nord de la France T = 10 an	137	32
Méditerranée T =10 ans	180	60

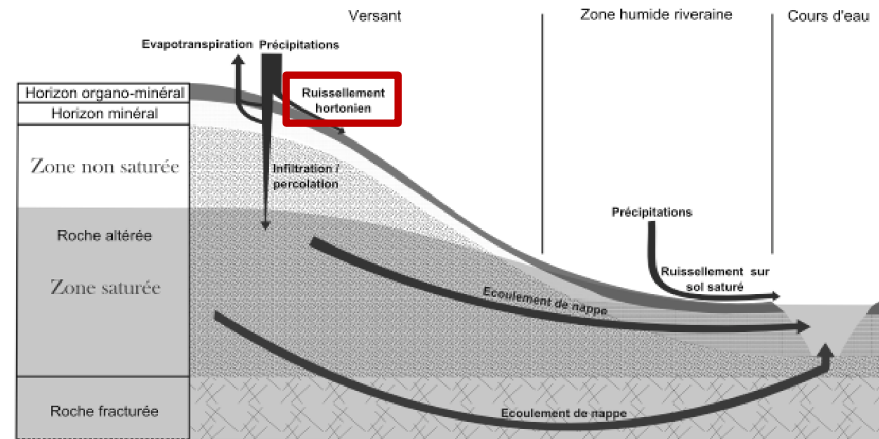


Figure 2-1: Schéma général de circulation des eaux dans un bassin versant sur socle.

La capacité d'infiltration des sols superficiels, végétalisés et non saturés est généralement bien supérieure à la conductivité à saturation K_s .

Conclusion 1 : Le ruissellement par dépassement des capacités d'infiltration des sols (ruissellement hortonien) est un phénomène localisé et/ou exceptionnel, rarement prépondérant en hydrologie. **Sauf....**

Enseignement de l'hydrologie sur l'origine des ruissellements

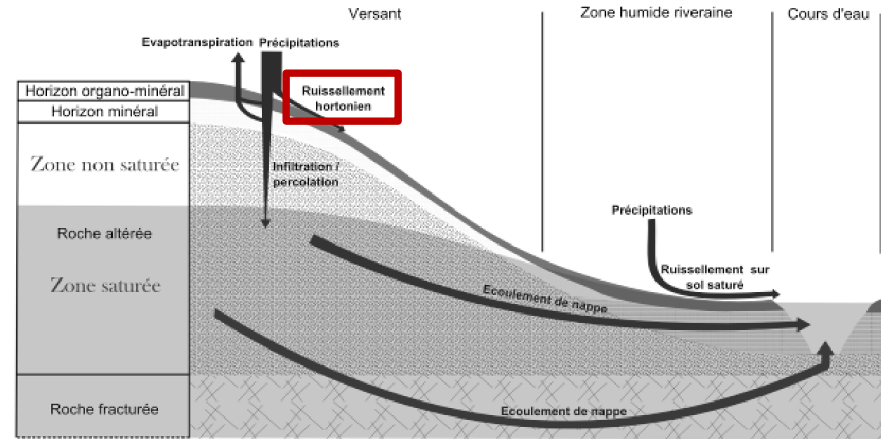


Figure 2-1: Schéma général de circulation des eaux dans un bassin versant sur socle.

Battance de certains sols agricoles



Etat initial
Sol structuré

Perméabilité 30 à 60 mm/h



Phase 1
Fragmentation et fermeture
de la surface

Perméabilité de 2 à 6 mm/h



Phase 2
Sédimentation des argiles
dans les flaques

Perméabilité < 1 mm/h

Stades de dégradation de la surface du sol et formation d'une «croûte de battance» sous l'action des pluies (d'après Boiffin, 1984)

Enseignement de l'hydrologie sur l'origine des ruissellements

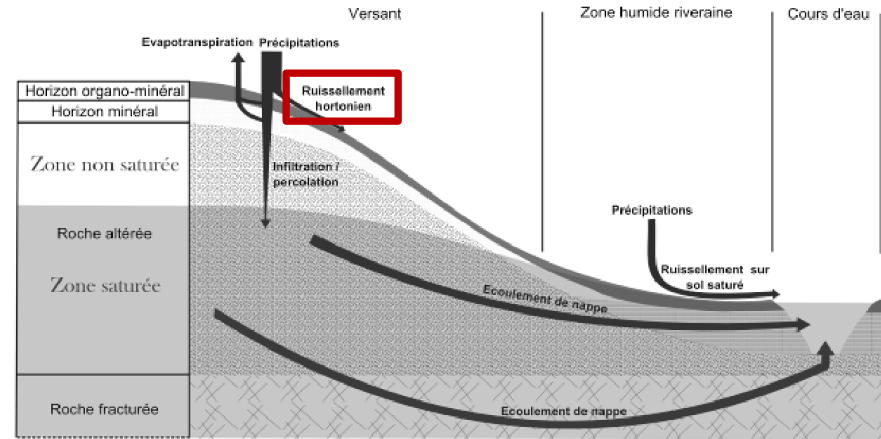


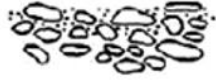
Figure 2-1: Schéma général de circulation des eaux dans un bassin versant sur socle.

Battance de certains sols agricoles



Etat initial
Sol structuré

Perméabilité 30 à 60 mm/h



Phase 1
Fragmentation et fermeture
de la surface

Perméabilité de 2 à 6 mm/h



Phase 2
Sédimentation des argiles
dans les flaques

Perméabilité < 1 mm/h

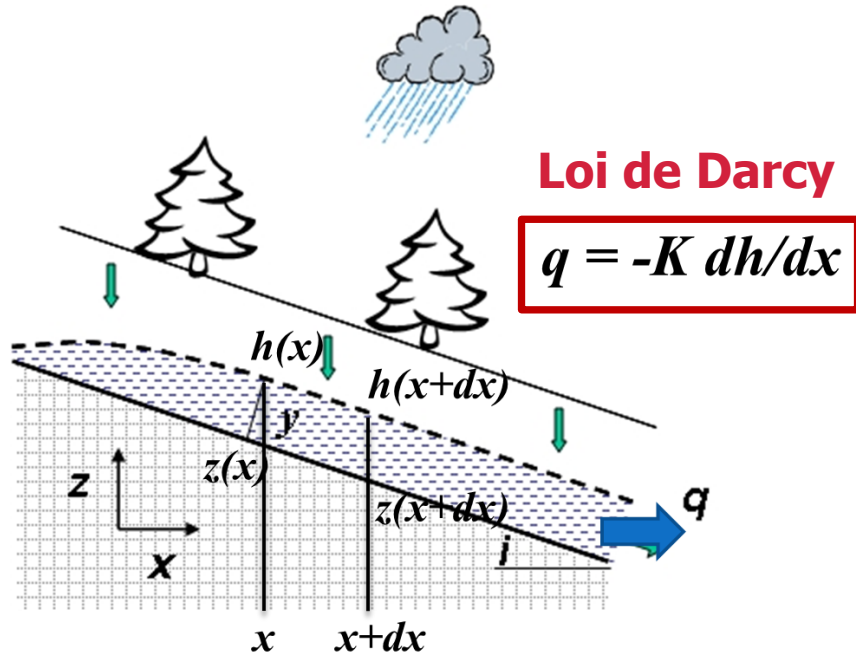
Encroûtement : climats arides



Parcelle expérimentale au Niger (IRD, projet AMMA)

Que devient l'eau alors qui s'infiltré ?

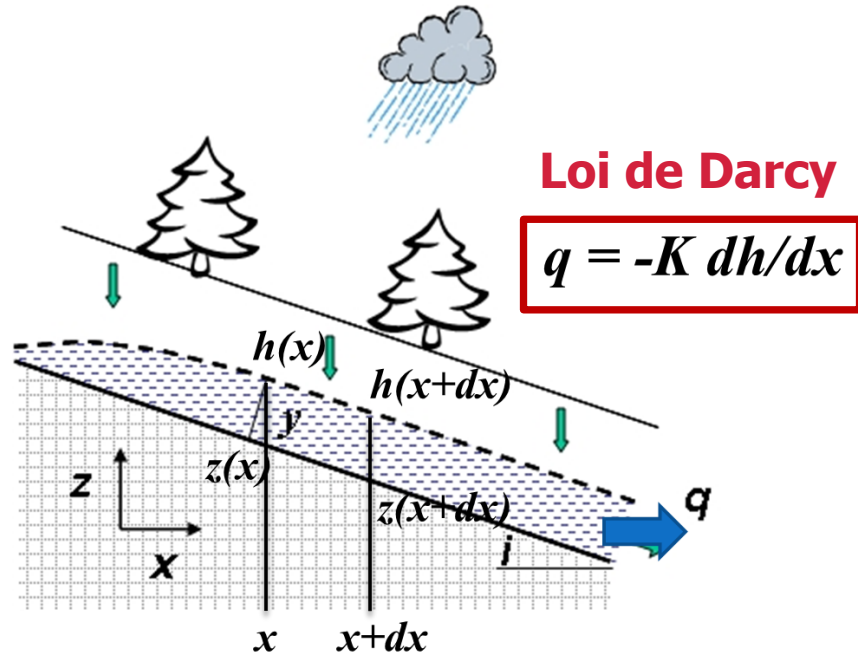
Le paradoxe apparent !



Conclusion 2 : La perméabilité des sols implique des transferts d'eau lents dans les versants (au mieux quelques m/h).

Que devient l'eau alors qui s'infiltré ?

Le paradoxe apparent !



Conclusion 2 : La perméabilité des sols implique des transferts d'eau lents dans les versants (au mieux quelques m/h).

Conclusion 3 : Rôle décisif des écoulements préférentiels souterrains !

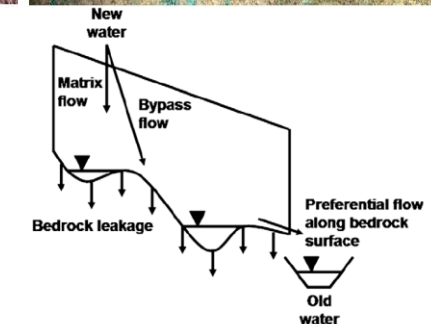
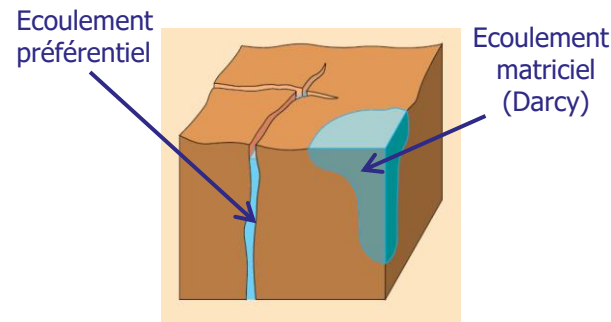
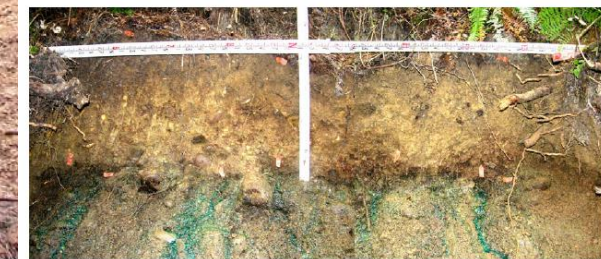


Fig. 11. New perceptual model of lateral subsurface flow at the Maimai hillslope.

Etude expérimentale des écoulements de versants par McDonnell et son équipe

Illustration des écoulements préférentiels

Griffes d'érosion révélant une faille, versant de la vallée de la rivière Selscica (Slovénie), sept. 2007



Résurgence karstique (Boulidou), versant de la vallée de l'Ourne à Tornac (Gard), déc. 2002



« Pipe flow », versant de la vallée de la South Tyne river (GB), juil. 2007



Illustration des écoulements préférentiels

*Activation de sources de l'épikarst du Larzac le long de la D 25 à Saint Pierre de la Fage,
12 septembre 2015 après 2 heures de pluie (250 mm de cumul)
(Source : service de prévision des crues Grand Delta)*



Illustration des écoulements préférentiels et de l'hétérogénéité spatiale des écoulements

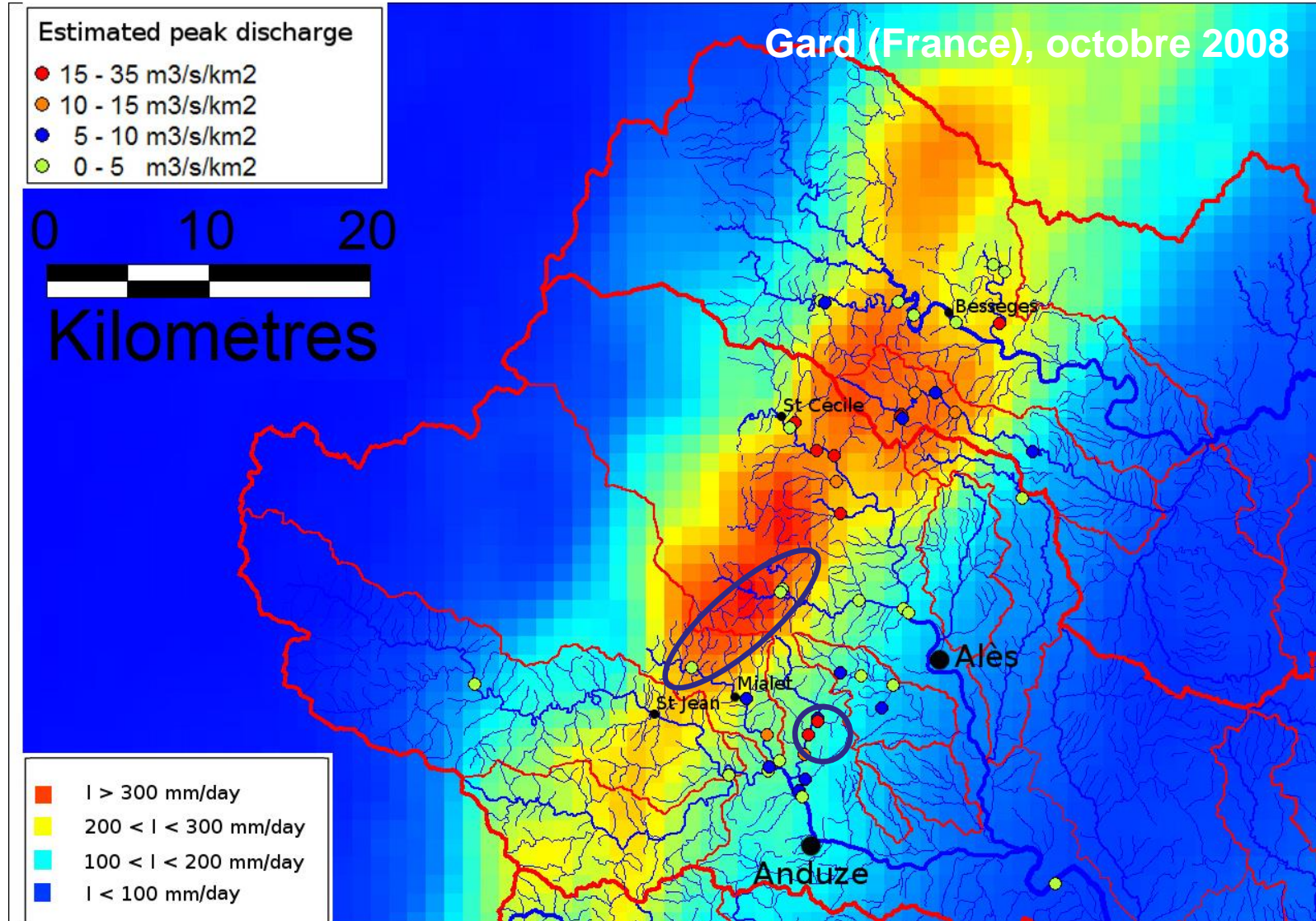
Vues au printemps et en hiver d'un versant de la vallée de la Gazeille en Haute-Loire L'herbe verte et la neige fondue permettent de visualiser les écoulements de surface. On note des sources bien localisées et des cheminements discontinus, signes de réinfiltrations.
(Source : Charles Obled)



3/4 Rôles de l'occupation des sols, de la nature du sous-sol et de l'antériorité pluviométrique.

De forts contrastes spatiaux liés aux sols et sous-sols

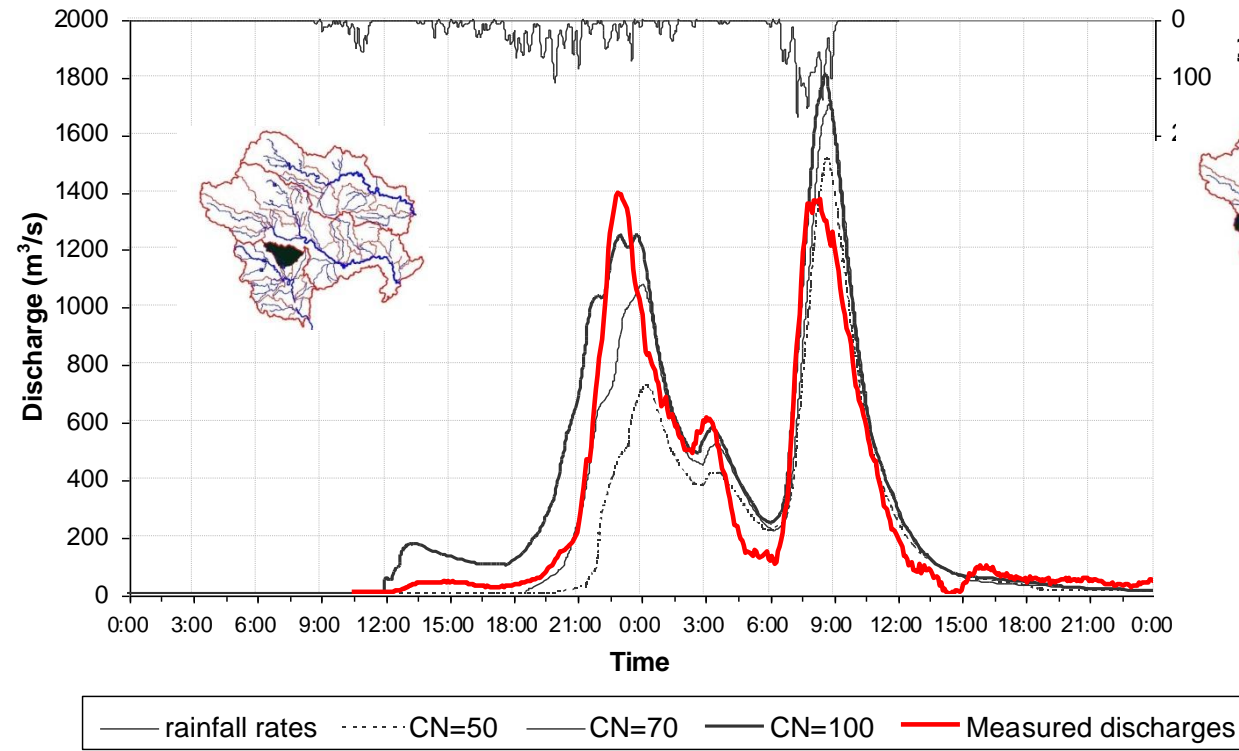
Répartitions spatiales des cumuls pluviométriques et des débits sur les bassins versants des Gardons lors de la crue d'octobre 2008



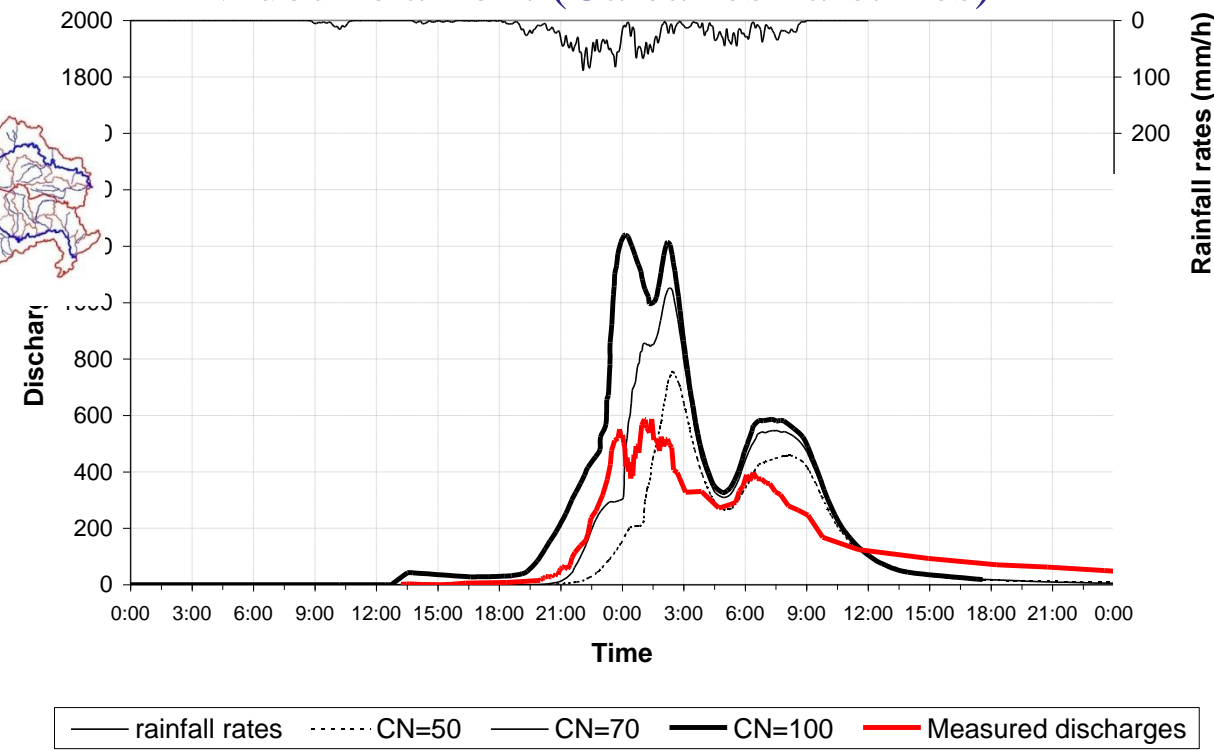
De forts contrastes spatiaux liés aux sols et sous-sols

Contraste des réactions hydrologiques sur le bassin versant du Vidourle amont les 8 et 9 septembre 2002

Crieulon (Marno-Calcaires)



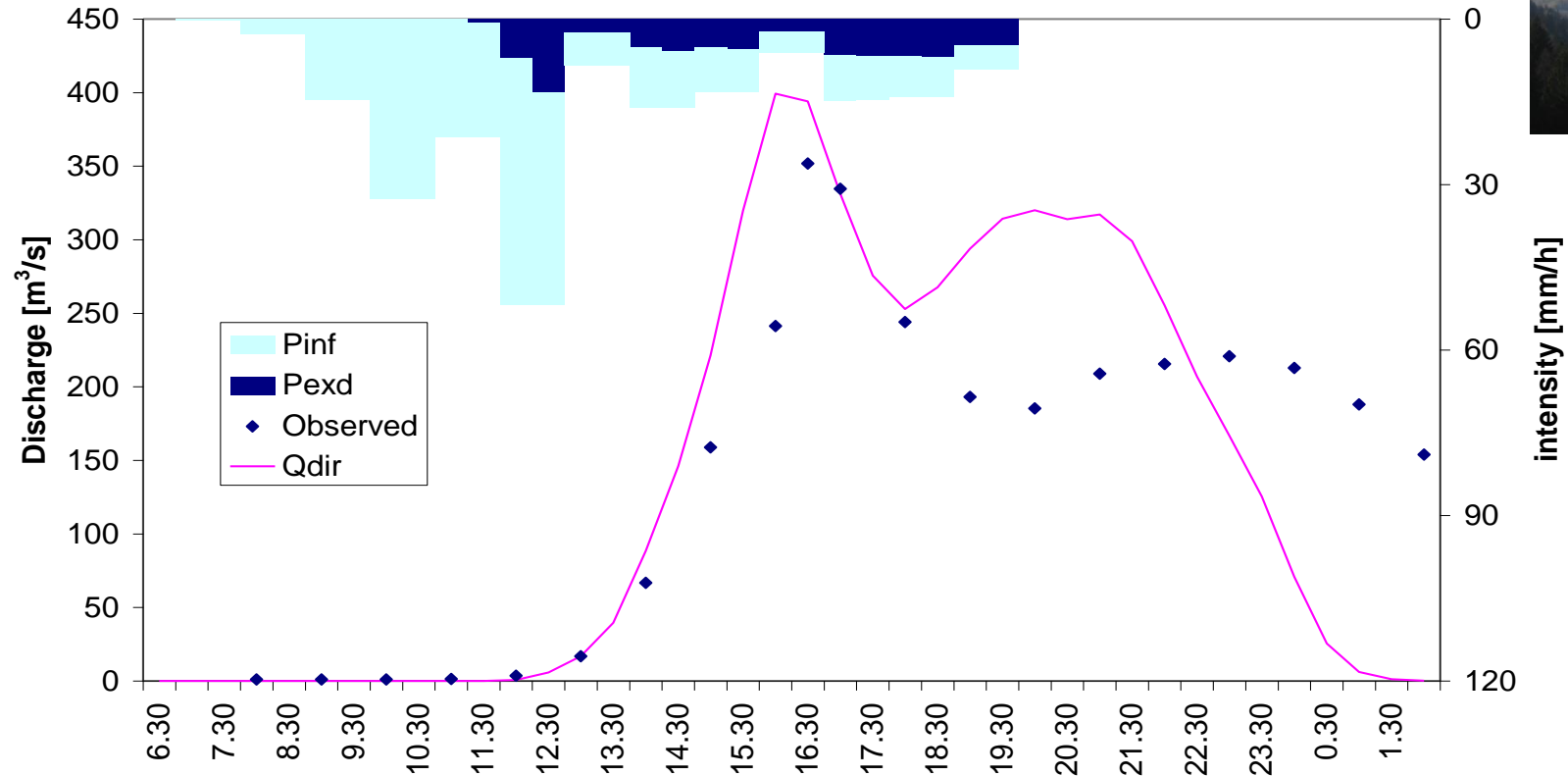
Vidourle amont (Calcaires karstifiés)



Importance de l'infiltration et de l'antériorité pluviométrique

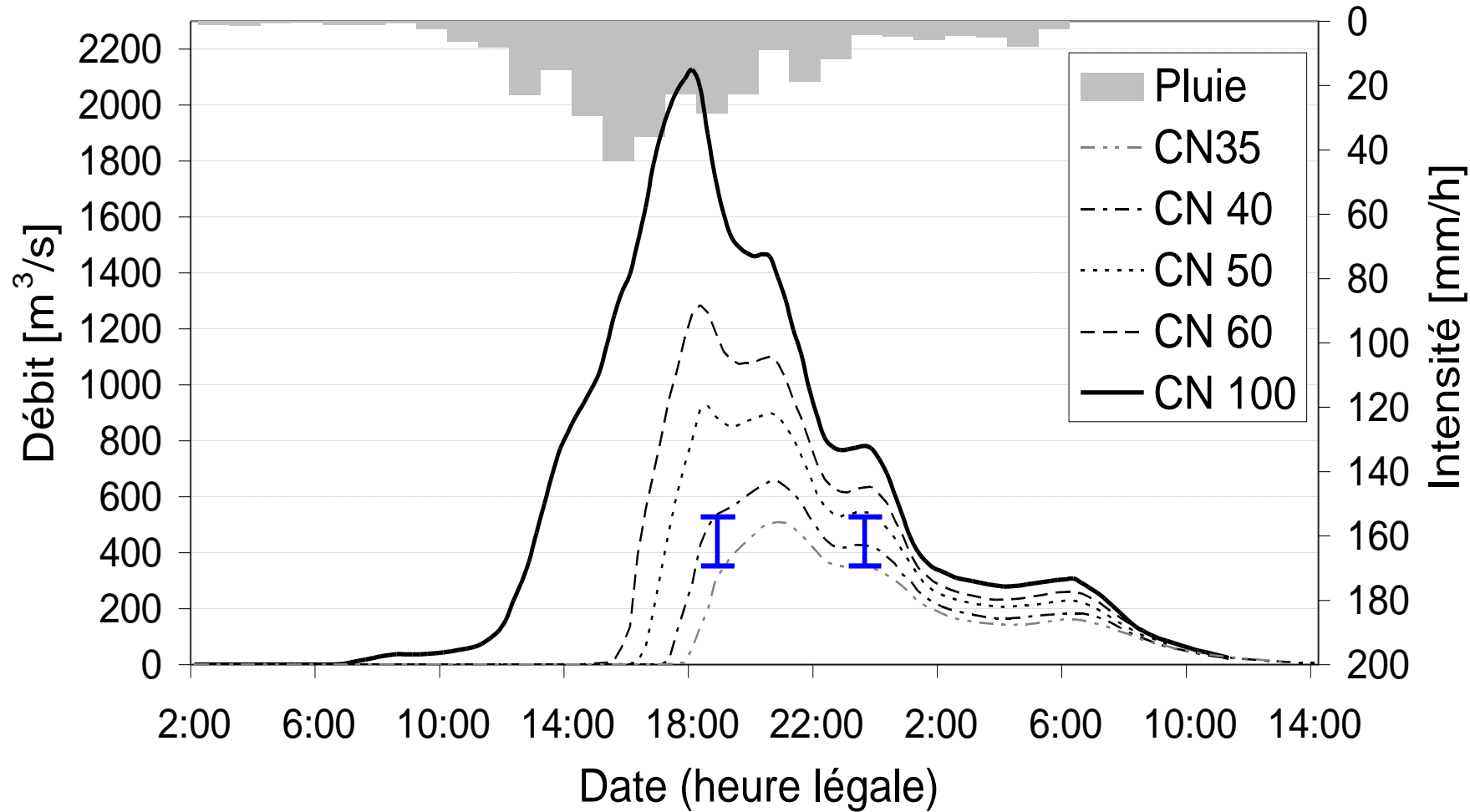


Scelsika Sora a Vester (Alpes slovènes), 2007, 213 km² (250mm)

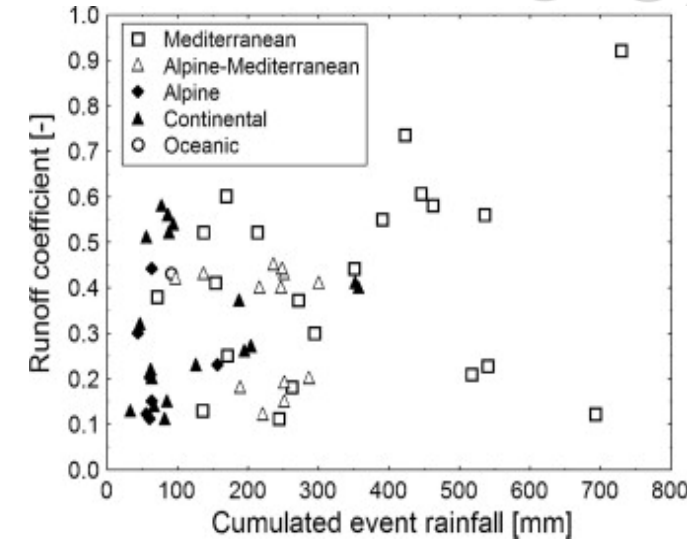


Importance de l'infiltration et de l'antériorité pluviométrique

Crue de la Nartuby à Draguignan Le 15 juin 2010



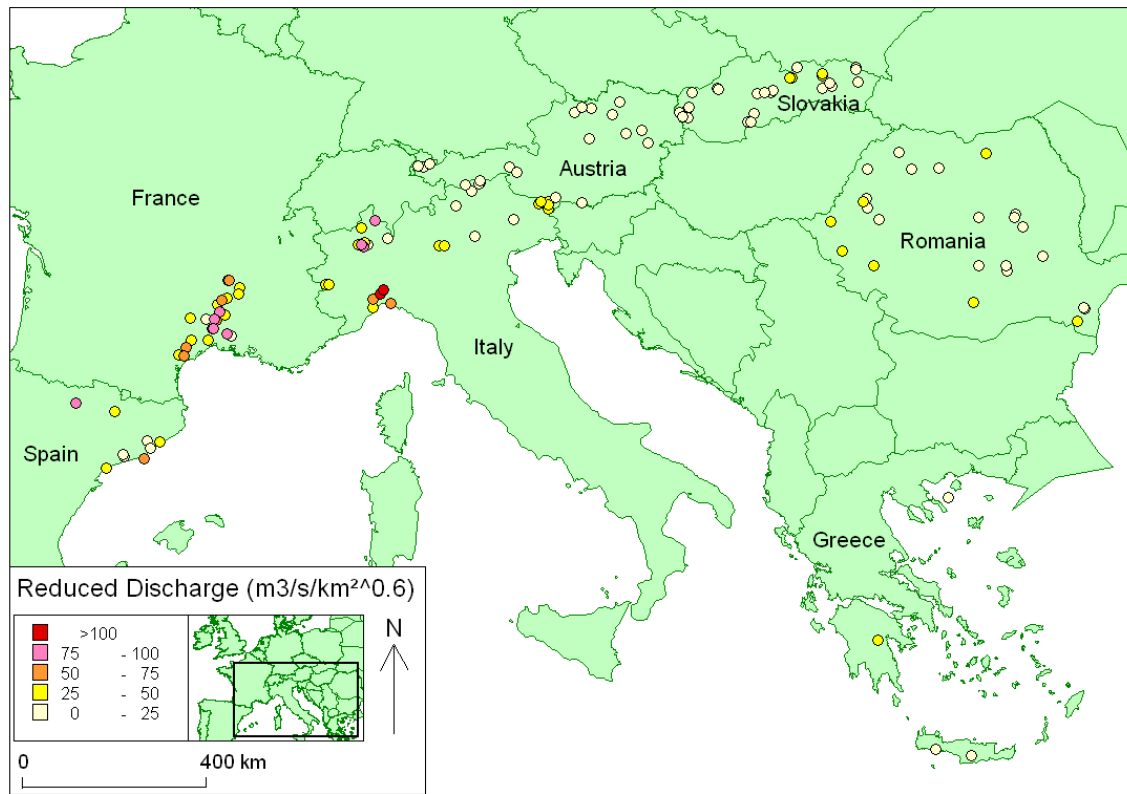
Draguignan, 15 juin 2010



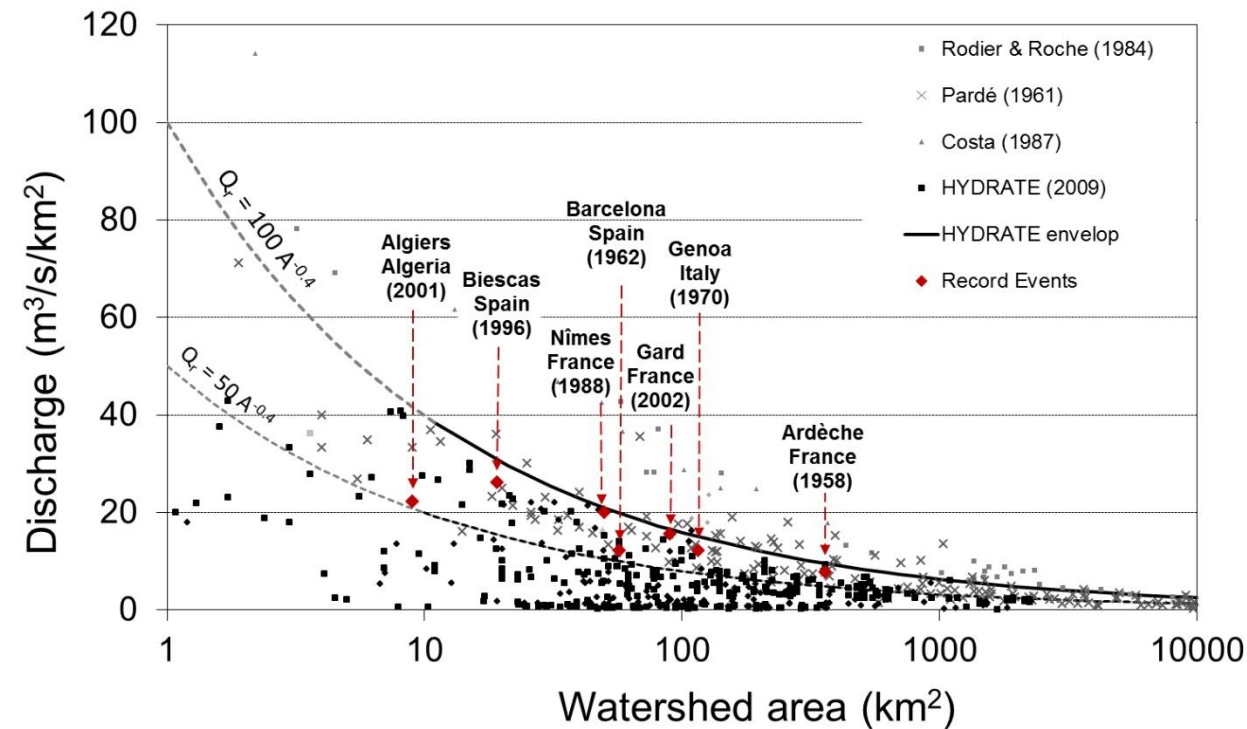
Coefficient d'écoulements de 59 crues éclairs majeures en Europe (Marchi et al, 2010)

Importance de l'infiltration et de l'antériorité pluviométrique

*Inventaire des débits des crues extrêmes en Europe
(Gaume et al., 2009)*



*Les débits des crues exceptionnelles méditerranéennes
parmi les plus élevés au monde (Gaume et al., 2009)*

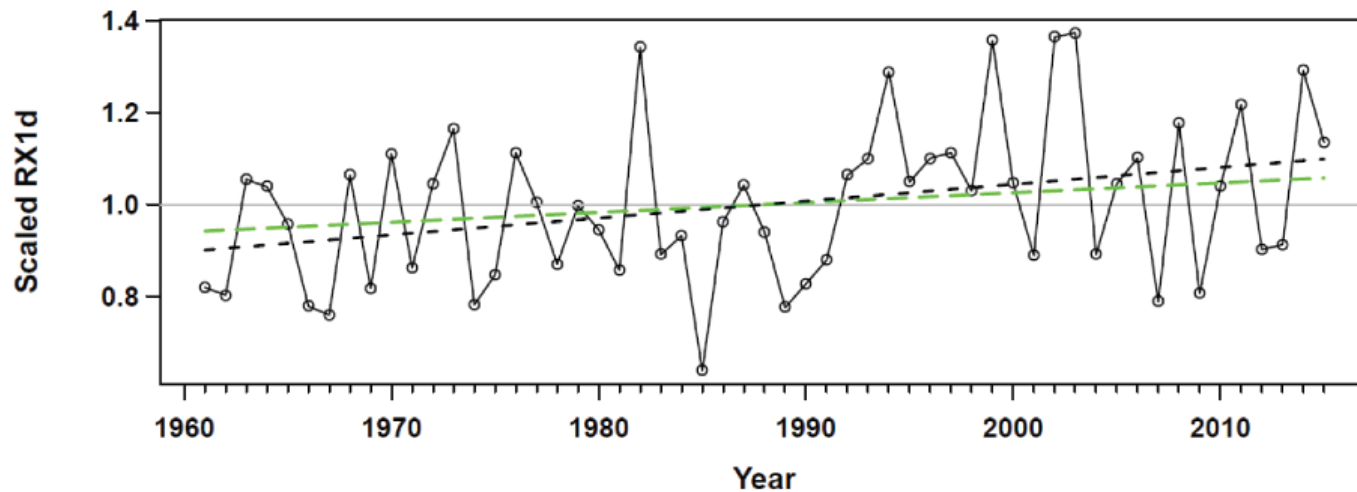


Importance de l'infiltration et de l'antériorité pluviométrique

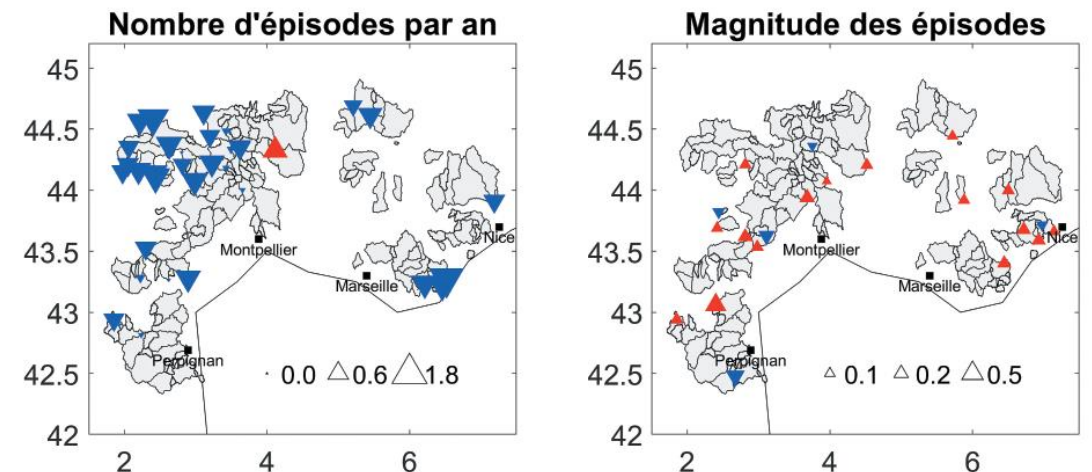
Comparaison des crues de 09/2020 et 09/2002 du Gardon à Saumane (104 km²)

- 2020 : - 660 m³/s, donc 6-7 m³/s/km² (**20-25 mm/h**)
 - 450 mm de pluie, intensité maximale de **50-60 mm/h**,
 2002 : - 770 m³/s, donc 7-8 m³/s/km² (**25-30 mm/h**)
 - 250 mm de pluie, intensité maximale de **50-60 mm/h**,

Série temporelle de l'indicateur régional de l'intensité des fortes précipitations sur le pourtour méditerranéen français (Ribes et al., 2019)



Tendances sur l'occurrence et la magnitude des débits supérieurs au percentile 99% (Tramblay et al., 2019)



4/4 Urbanisation et ruissellements



Origine des inondations urbaines

- Saturation des systèmes d'assainissement pluvial
- Débordement des cours d'eau urbains

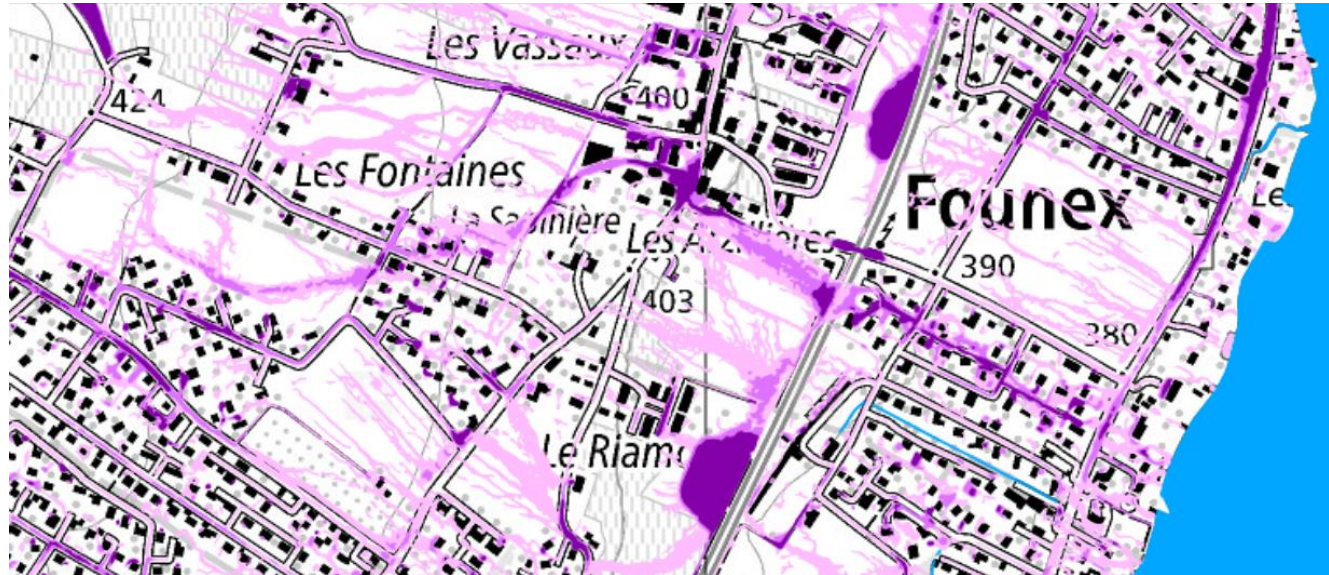


*Inondations à Nantes rue Costes et Le Brix, juillet 2017
Débordement du ruisseau du Gué Moreau*



*Boulevard de la Liberté Draguignan (Var) 2010
débordement du ruisseau de la Riaille*

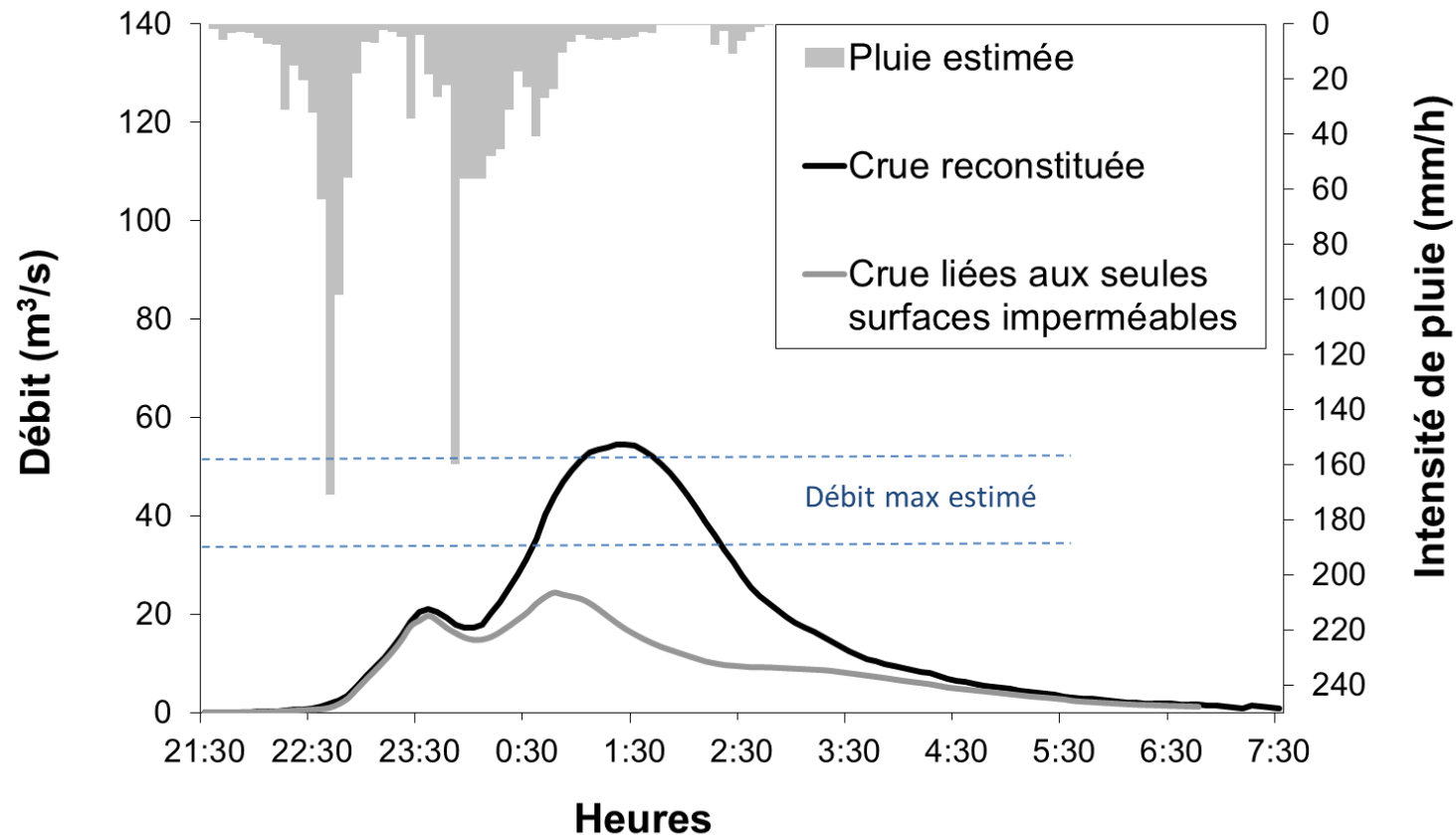
Tenir compte de la topographie et des cheminements possibles des écoulements en ville



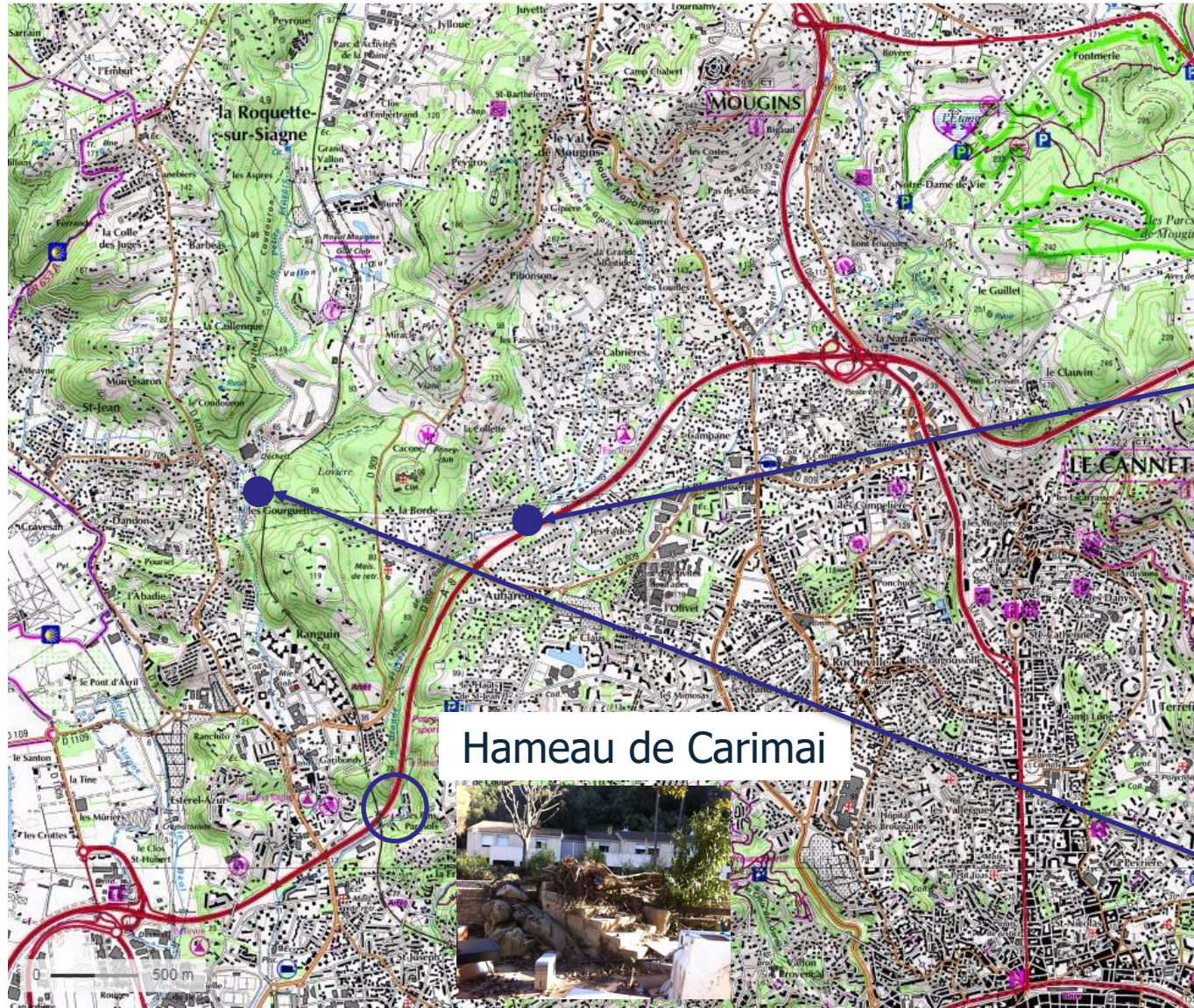
Tenir compte de la topographie et du cheminement possible des écoulements dans les aménagements (carte d'aléa ruiss. Suisse)

Apports des surfaces perméables et espaces périurbains lors des crues exceptionnelles : exemple de Nancy 22 mai 2012

Exemple de la crue du ruisseau de Grémillon, 21-22 mai 2012 (Nancy)
Bassin versant de 12.7 km² dont 3.8 km² imperméabilisés, 120 mm de pluie



Impact limité de l'imperméabilisation lors des crues extrêmes Frayères, Cannes 2015

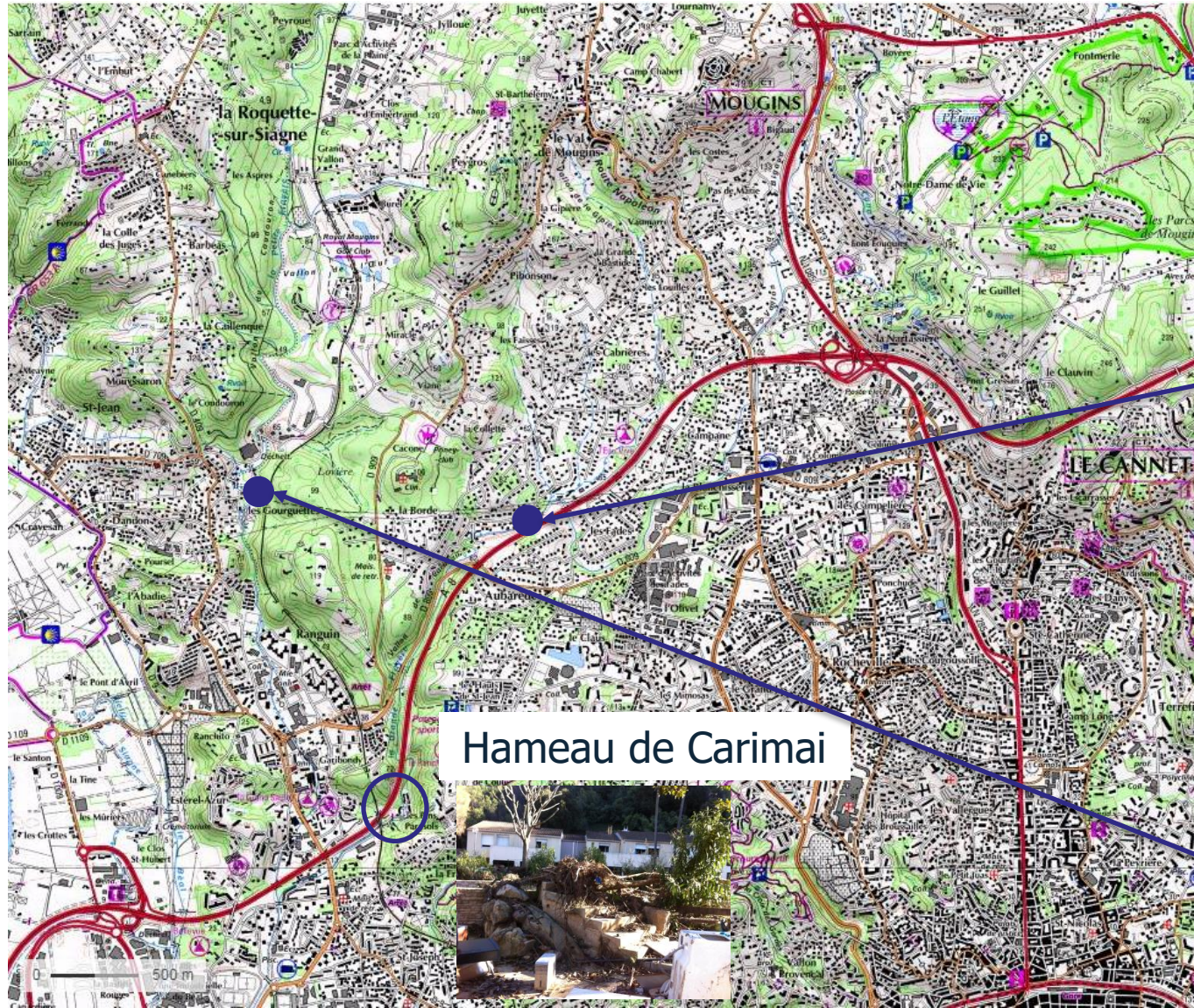


Grande Frayère, 115 m³/s
13 m³/s/km²

Hameau de Carimai

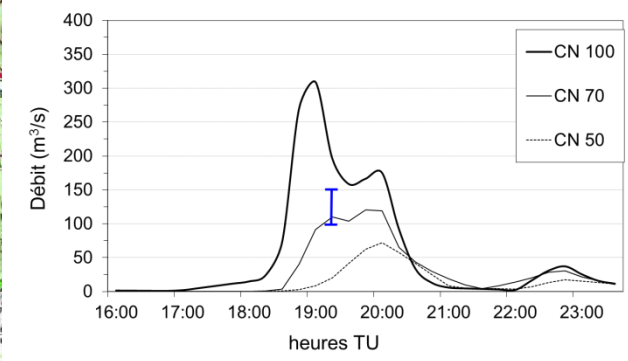
Petite Frayère, 65 m³/s
6 m³/s/km²

Impact limité de l'imperméabilisation lors des crues extrêmes Frayères, Cannes 2015



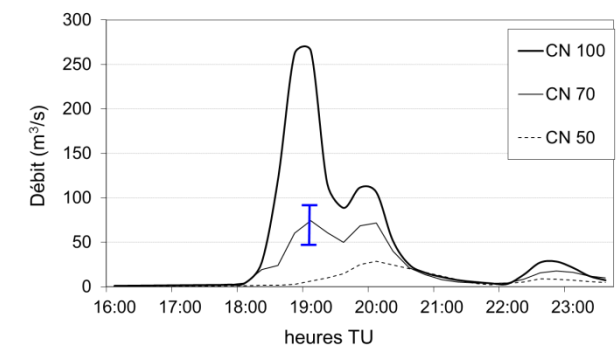
Hameau de Carimai

Grande Frayère Mougins amont A8



Grande Frayère, 115 m³/s
13 m³/s/km²

Petite Frayère Ranguin



Petite Frayère, 65 m³/s
6 m³/s/km²

CONCLUSIONS

- Le ruissellement (direct) est l'un des processus de genèse des écoulements, parmi d'autres, et rarement prédominant lorsque les surfaces sont végétalisées,
- Rendre les espaces aménagés plus perméables a de nombreuses vertus, mais ne règle pas en soi le problème des inondations,
- Les gestions des désordres chroniques et des événements exceptionnels ne relèvent pas des mêmes solutions,
- Quels que soient les aménagements, la nature reprend progressivement ses droits lors d'événements exceptionnels. Il faut aménager l'espace pour prévoir l'écoulement des crues exceptionnelles sans trop de dommages.

merci de votre attention

eric.gaume@univ-eiffel.fr

