



IMPACT DES INCENDIES DE L'ÉTÉ 2017 EN HAUTE CORSE SUR LES PHÉNOMÈNES D'ÉROSION ET MOUVEMENTS DE TERRAIN

6 DECEMBRE 2018
B. VIGNEROT



SOMMAIRE



Rappel de la mission

Présentation des zones incendiées

Par zone

- ❑ Identification des « points noirs », méthode & résultats
- ❑ Hiérarchisation des sites
- ❑ Recommandations d'urgence
- ❑ Développements sur la quantification

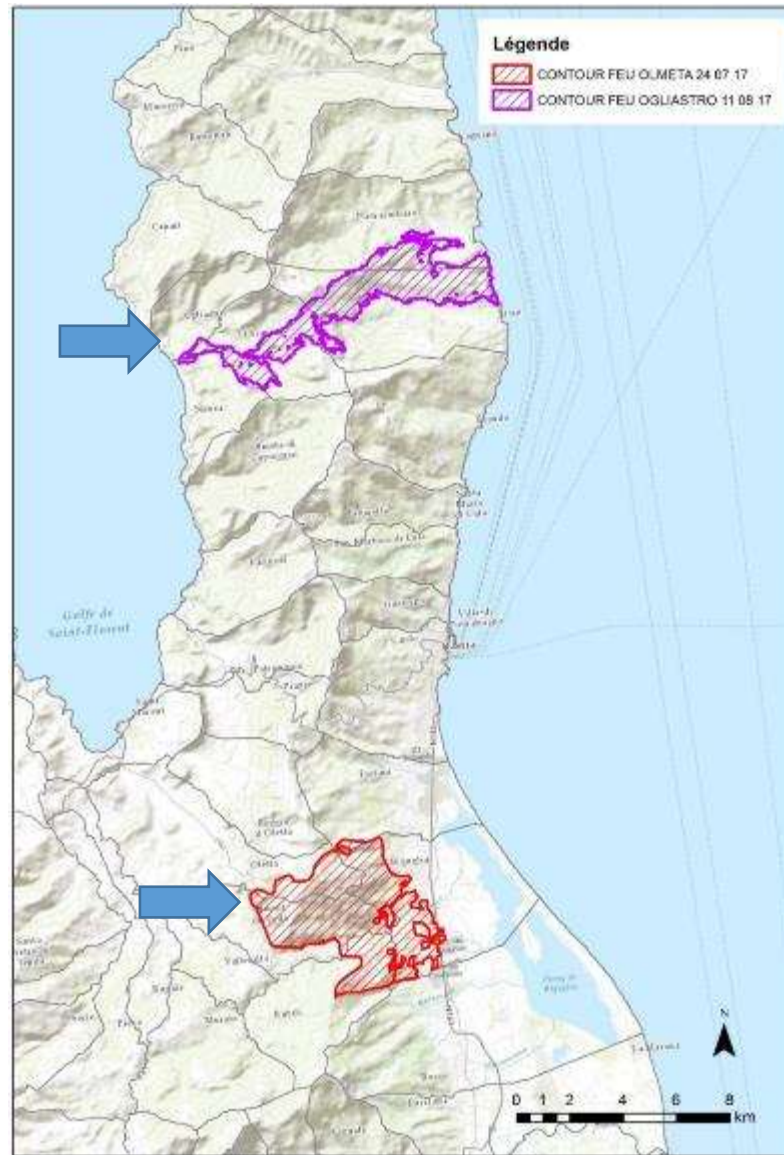
Conclusions & Perspectives

RAPPEL DE LA MISSION

Emprises des zones incendiées
(cartographie SDIS2B)



*Progression des
feux*



RAPPEL DE LA MISSION

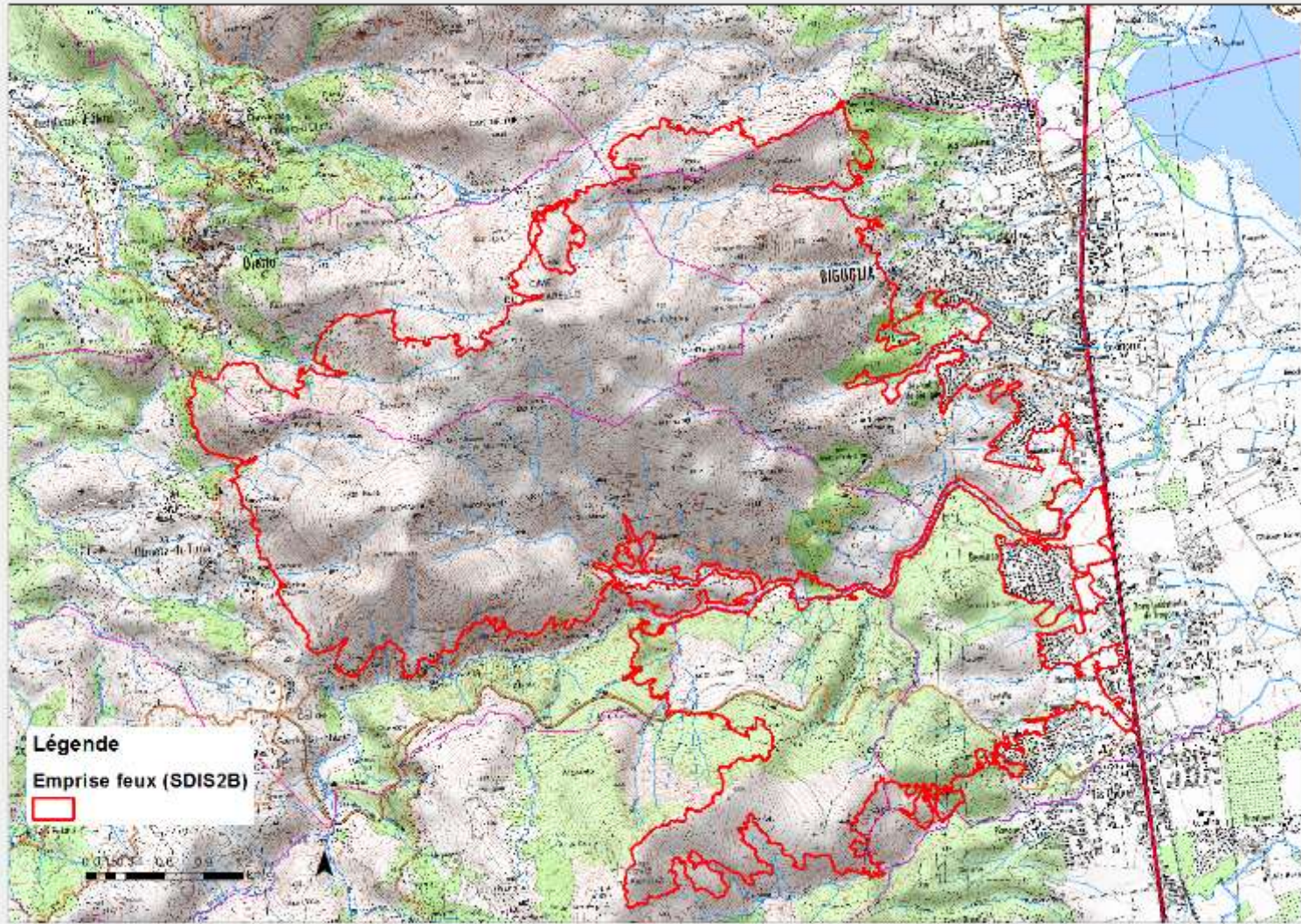
Phénomènes considérés :

- Erosion / ravinement / coulées de boue
- Eboulement rocheux
- Glissements de terrain / coulées



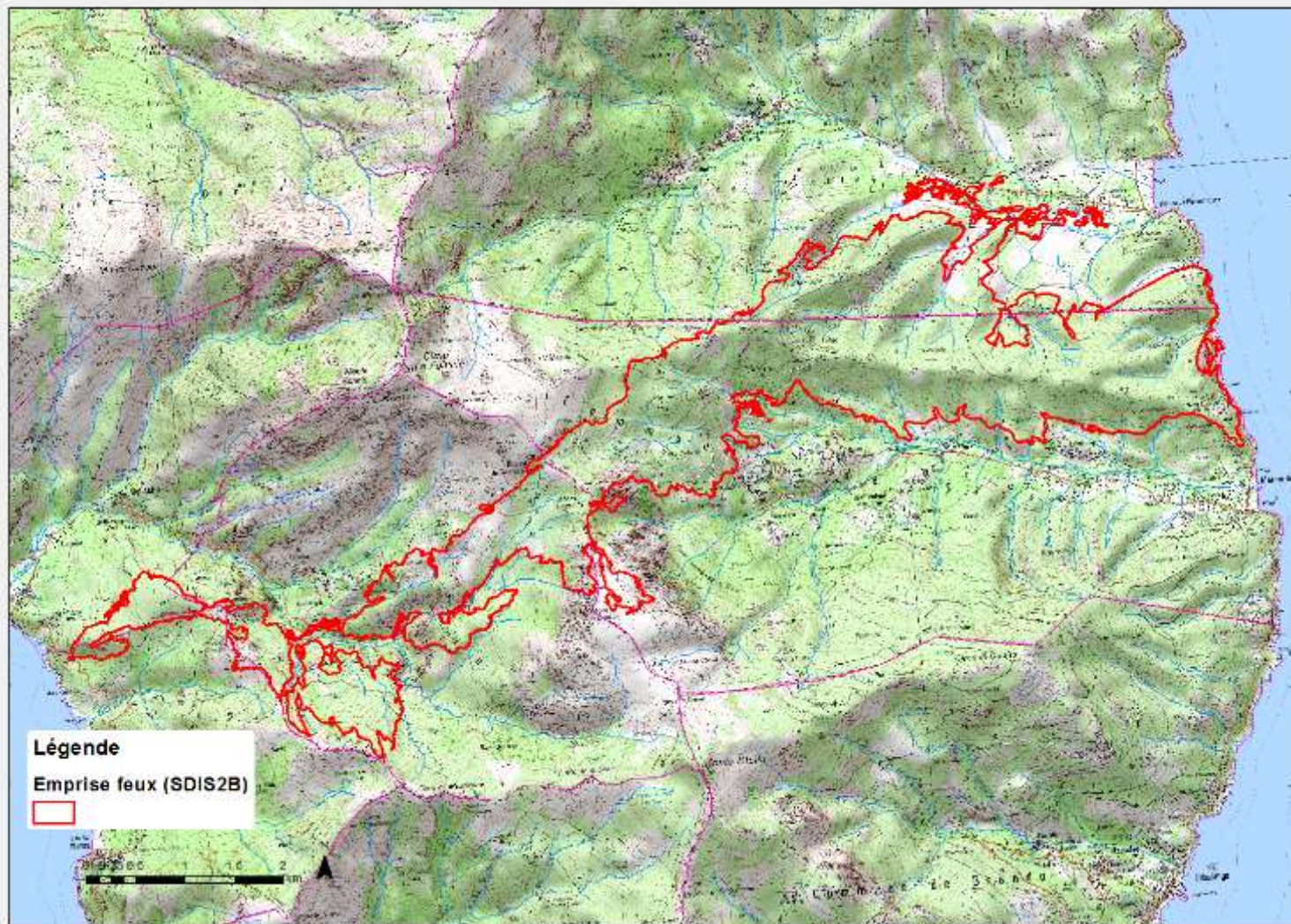
Feu d'Olméto : 2119 ha

- démographie déséquilibrée, zones urbanisées ,RD82 au Sud et RD62 au Nord du défilé de Lancone, zones ponctuelles le long des RD (fromagerie, Cinquerue et l'institut médico-professionnel)



Feu d'Ogliastro : 1355 ha

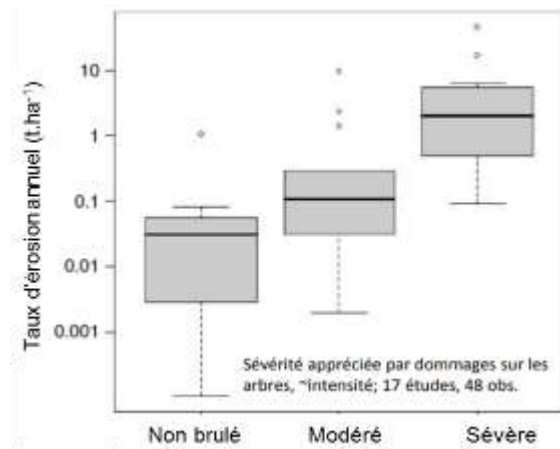
- démographie est très déséquilibrée, hameaux isolés en aval des zones brûlées / marines potentiellement impactées par les coulées boueuses et inondations dues aux embâcles, RD80, RD32 & pistes



IDENTIFICATION DES POINTS NOIRS

Approches et méthodes

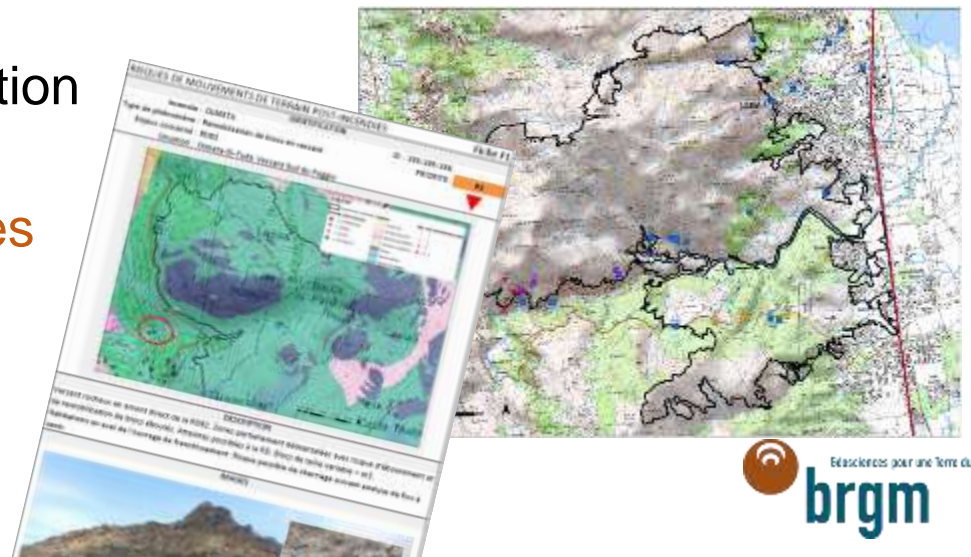
- analyse experte des sites, à partir du parcours des zones incendiées :
 - la **cartographie des sols** (critères d'érodibilité)
 - identification / géolocalisation / caractérisation sommaire des **ouvrages hydrauliques** répertoriés
 - identification des points noirs (secteurs problématiques)
- Valorisation de données existantes
 - emprise / typologie des zones incendiées, actualisées par le SDIS 2B
 - enjeux ouvrages (enrichis) & zones habitées



IDENTIFICATION DES POINTS NOIRS

Approches et méthodes





- Production de « **FICHES DE SITES** » des zones qualifiées de « critique »
 - identification : secteur, type de phénomène observé / redouté, enjeux concernés et priorité de traitement
 - situation avec carte sur fond scan25©IGN
 - description du (des) phénomène(s) redouté(s) / observé(s)
 - images de la zone concernée
 - risque résiduel – et notamment en cas de pluie sévère (> pluie decennale)
 - recommandations de gestion
- Fourniture de **cartes de localisation des zones critiques**






IDENTIFICATION DES POINTS NOIRS

Approches et méthodes

- Description commune

-  Charriage torrentiel : transport solide avec présence de blocs possible ;
-  Embâcle ouvrage / franchissements ; coulée boueuse : transport solide avec embâcle probable au niveau de franchissements, action à engager de façon préférentielle ;
-  Glissement de terrain associé ou non à un phénomène de coulée ;
-  Eboulement rocheux, remobilisation de blocs en versant.

- P1  : priorité forte, action à engager au plus tôt ;
- P2  : priorité moyenne, action à engager de façon préférentielle ;
- P3  : priorité faible, action à engager dans la mesure du possible (enjeu modéré associé *a priori*).

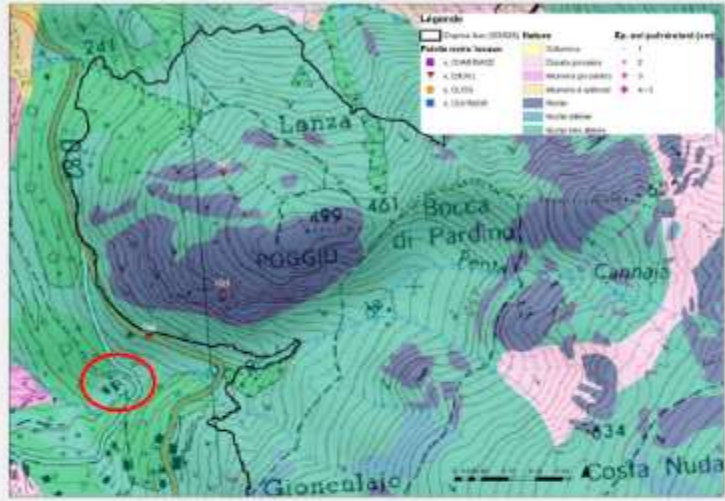

IDENTIFICATION DES POINTS NOIRS

Fiche type

→ RISQUE RESIDUEL

→ RECOMMANDATIONS DE GESTION

RISQUES DE MOUVEMENTS DE TERRAIN POST-INCENDIES		Fiche F1
IDENTIFICATION		
Incendie : OLMETA	ID : 193-195-196	
Type de phénomène : Remobilisation de blocs en versant	PRIORITE : P2	
Enjeux concerné : RD82		
Situation : Olmeta-Di-Tuda Versant Sud du Poggio		
RISQUE RESIDUEL		
Atteinte RD82 de blocs rocheux en cas d'épisode pluvieux intense.		
Transport solide important au niveau du talweg. Dommages possibles aux habitations situées à proximité du lit (analyse plus détaillée à venir sur les transports solide et le sur-aléa lié aux incendies).		
GESTION DU RISQUE		
Court terme : prévention, information des usagers et riverains en période pluvieuse		
Moyen à long terme : diagnostic géotechnique du risque éboulement rocheux et proposition de solutions de gestion (a priori campagnes de purges préventives et protection localisée de la RD par écrans de filets).		

RISQUES DE MOUVEMENTS DE TERRAIN POST-INCENDIES		Fiche F1
IDENTIFICATION		
Incendie : OLMETA	ID : 193-195-196	
Type de phénomène : Remobilisation de blocs en versant	PRIORITE : P2	
Enjeux concerné : RD82		
Situation : Olmeta-Di-Tuda Versant Sud du Poggio		
		
DESCRIPTION		
Versant rocheux en amont direct de la RD82. Zones partiellement démantelées avec risque d'éboulement et de remobilisation de blocs éboulés. Atteintes possibles à la RD. Blocs de taille variable < m3. Habitations en aval de l'ouvrage de franchissement. Risque possible de charriage suivant analyse de flux à venir.		
IMAGES		
		

IDENTIFICATION DES POINTS NOIRS

Résultats Olmeta



F7

IDENTIFICATION DES POINTS NOIRS

Résultats Olmeta



F17

IDENTIFICATION DES POINTS NOIRS

Résultats Olmeta

F18



IDENTIFICATION DES POINTS NOIRS

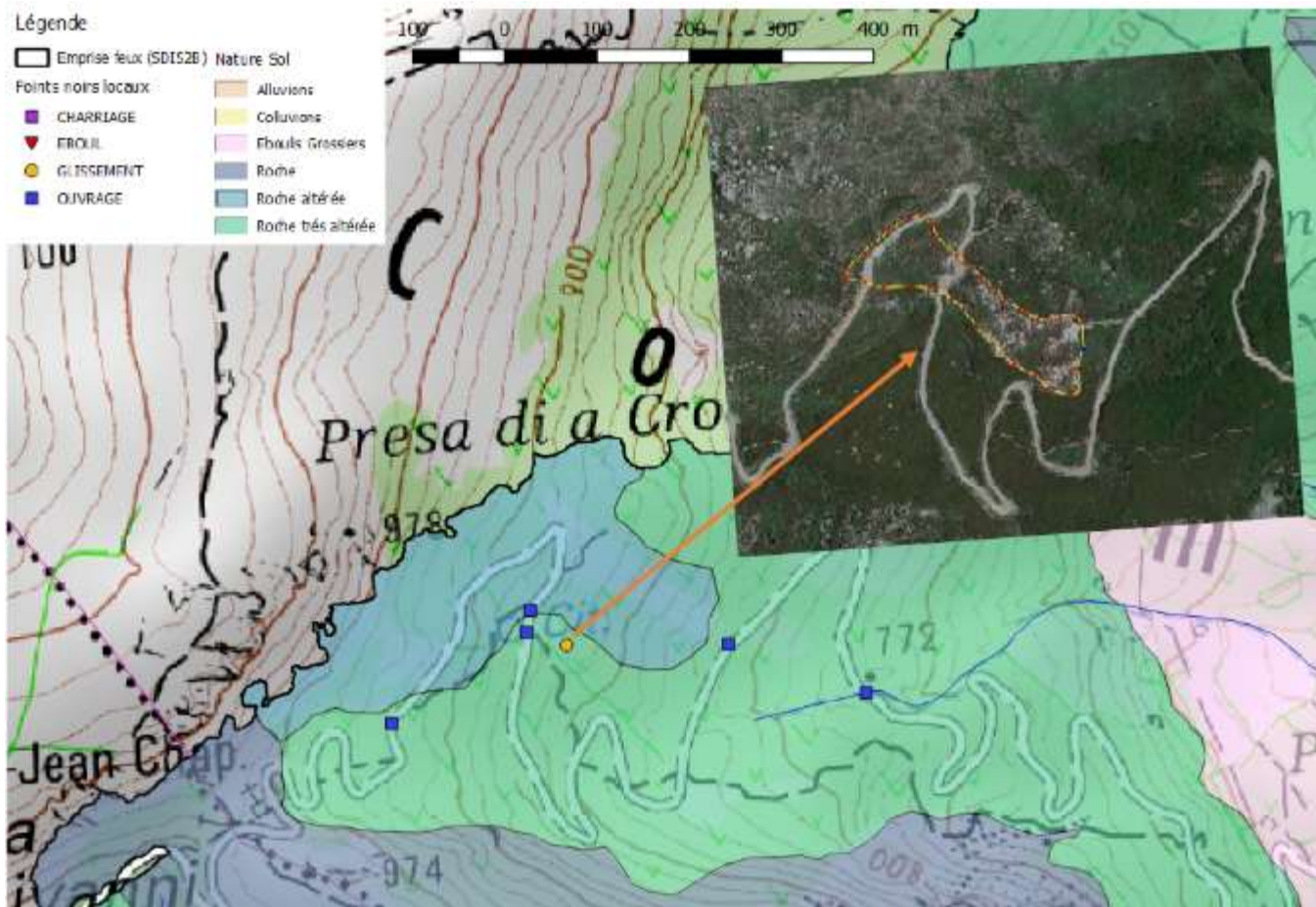
Résultats Olmeta



F3

IDENTIFICATION DES POINTS NOIRS

Résultats Ogliastro



F34

IDENTIFICATION DES POINTS NOIRS

Résultats Ogliastro

F33



Résultats Ogliaastro



IDENTIFICATION DES POINTS NOIRS

F26

Résultats Ogliaastro



IMPORTANCE DES OUVRAGES HIERARCHISATION DU SUR-ALEA

Analyse spécifique de l'ensemble des ouvrages répertoriés en fonction des surfaces relatives drainées en zone incendiée

- Olmeta : 134 ouvrages (96 initialement pointés)
- Ogliastro : 99 ouvrages (62 initialement pointés)

Objectif

Déterminer un indice de sur-aléa « ruissellement / transport solide » pour chacun des ouvrages de franchissement

Hierarchiser les ouvrages et prioriser les actions à mener

Méthodologie

Définition des bassins versants des 233 ouvrages (à partir de la BD-ALTI 25m)

Evaluation des superficies de terres brûlées et des pentes du plus long chemin d'écoulement des eaux du bassin

IMPORTANCE DES OUVRAGES HIERARCHISATION DU SUR-ALEA

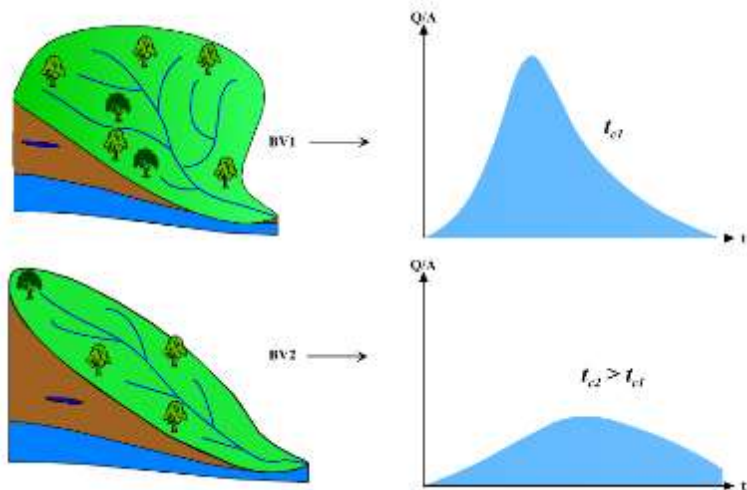
Valorisation de la loi du « stream power » de Bagnold (1966)

- Indice pré incendie : $I_{\text{pre.i}} = \text{Aire}_{\text{BV}} \times S^2$
- Indice post incendie : $I_{\text{post.i}} = (\text{Aire}_{\text{BV}} + 30\% \text{ Aire}_{\text{BV}}) \times S^2$

(surfaces brûlées # 30 % plus ruisselantes que les surfaces non brûlées)

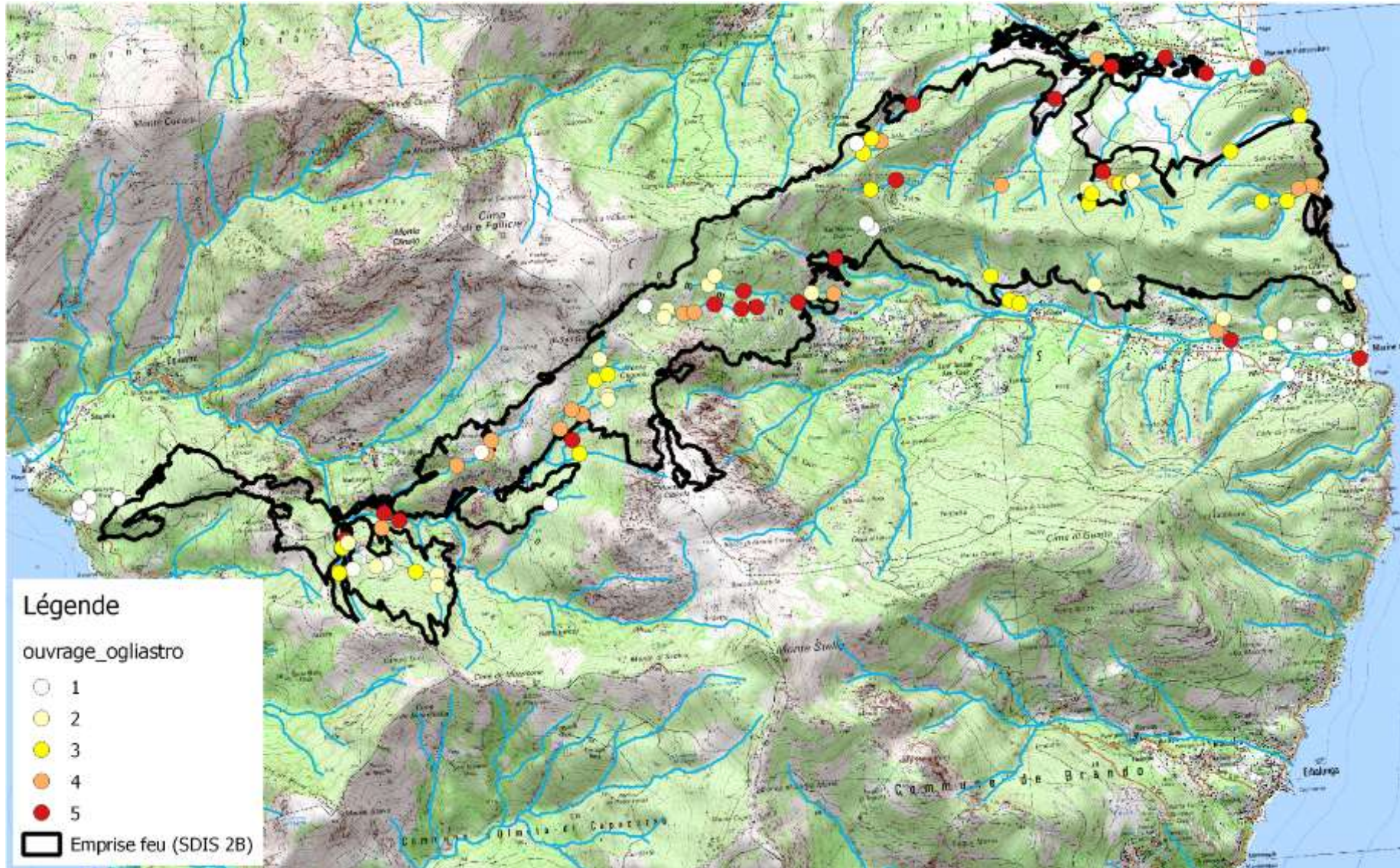
Impact incendie : différence d'indice et reclassement

(approche est indépendante de la taille ou de l'état des ouvrages de franchissement éventuellement présents)



En 2^{de} approche : intégration du fonctionnement hydrologique du bassin versant (longueur des drains, pente) et variation du ruissellement selon les terrains traversés

IMPORTANCE DES OUVRAGES HIERARCHISATION DU SUR-ALEA



QUANTIFICATION DU SUR-ALEA

Rappel

L'érosion hydrique dépend :

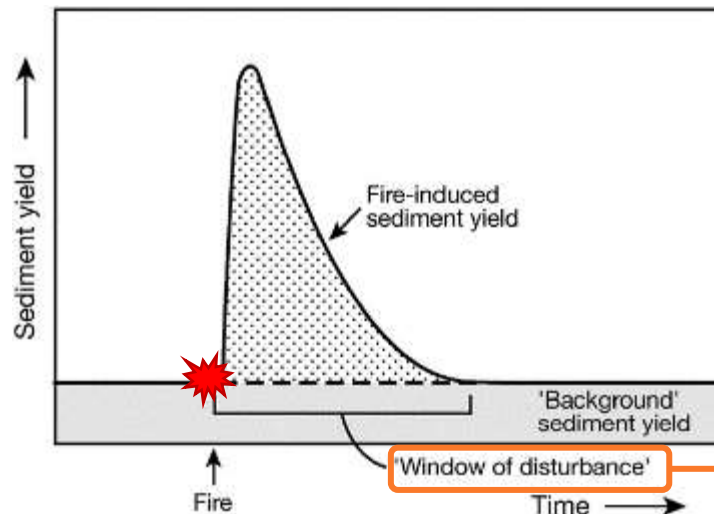
- ❑ De la pente sans proportionnalité (effets seuils pour certaines situations liées à la géologie, à la géomorphologie, au type de sol) → facteur important en Corse
- ❑ du climat
 - soit directement par l'effet des pluies importantes, violentes et de forte variabilité → Corse défavorisée
 - soit indirectement par son effet sur la végétation qui a un effet protecteur lorsqu'elle couvre au moins 30 à 50% de la surface
- ❑ du sol : certains sols peu épais, peu argileux, peu humifères, à structure instable ou peu marquée sont nettement plus sensibles. La présence de cailloux en surface peut avoir un effet protecteur
- ❑ de l'utilisation du sol et du type de culture (pm la vigne est sensible)

QUANTIFICATION DU SUR-ALEA

Bibliographie

« une pluie de période de retour 10 ans sur zone incendiée équivaut à une crue de période de retour de 100 ou 200 ans » (Condera et al. 2003)

« les incendies augmentent plus fortement le ruissellement sur les petits BV que sur les grands » (Stool et al. 2011)



période de 4 à 6 mois en
contexte méditerranéen (effet
météorologique local sécheresse -
> feux -> orages)

« l'apport en sédiments augmente très rapidement un bas niveau avec les 1^{ères} tempêtes quand le sol est vulnérable. Les apports diminuent ensuite à la reprise de la végétation. » (Shakesby, 2011)

QUANTIFICATION DU SUR-ALEA

Méthode et moyens

Modéliser

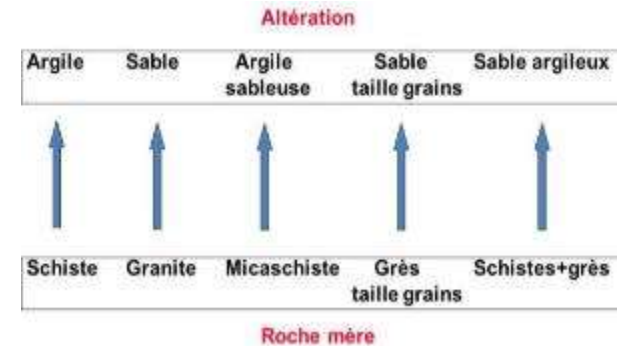
- ❑ des volumes ruisselés et
- ❑ des quantités de sédiments exportés pendant un événement pluvieux à partir de :
 - Définition de couple sol / occupation du sol
 - Evaluation de la capacité d'infiltration, de l'imbibition, de l'érodibilité, de la rugosité et de la concentration potentielle en sédiments

Un incendie modifie toutes ces quantités selon sa sévérité = choix de feu « modéré » (SDIS2B)

QUANTIFICATION DU SUR-ALEA

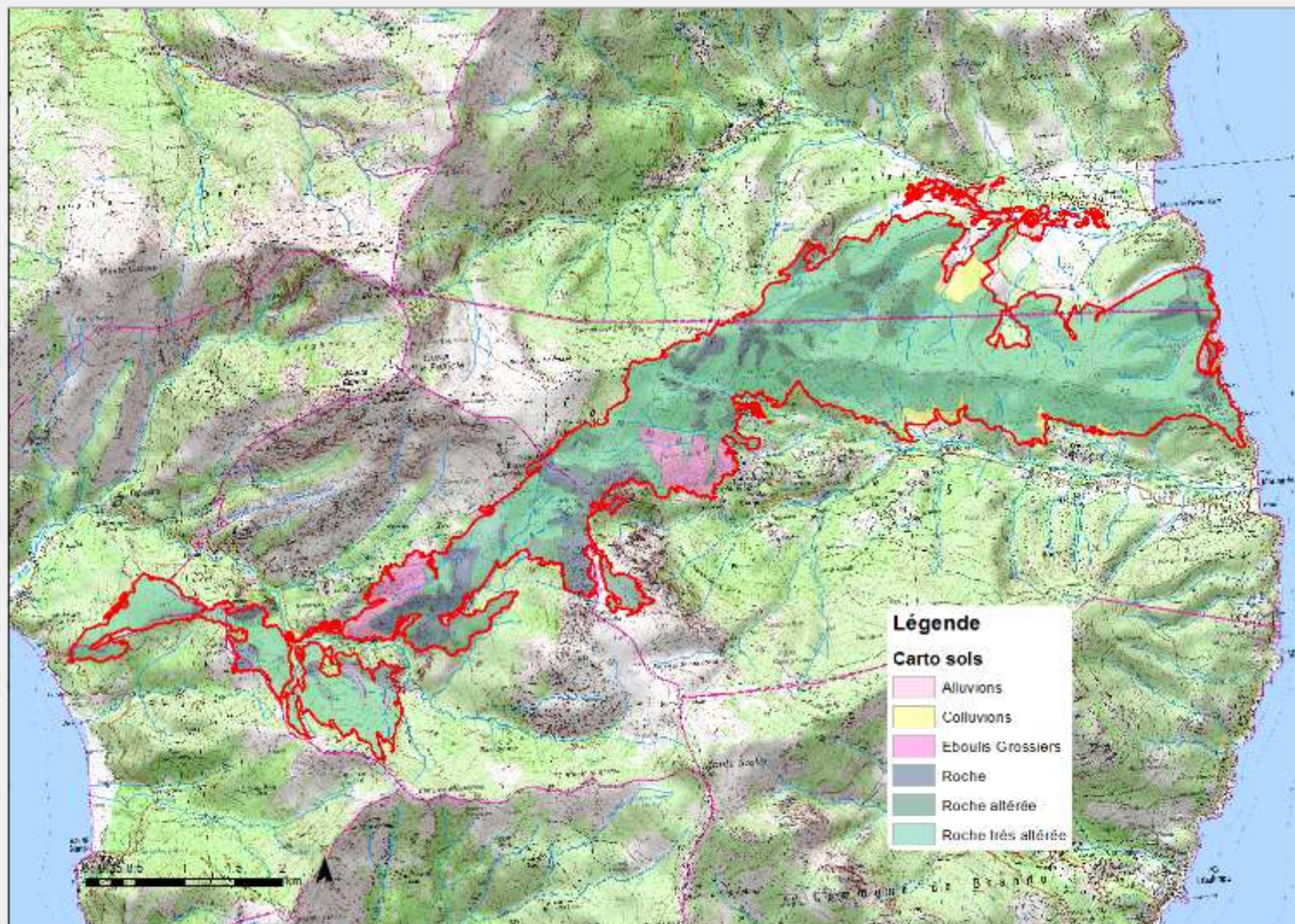
Construction des couches d'entrée :

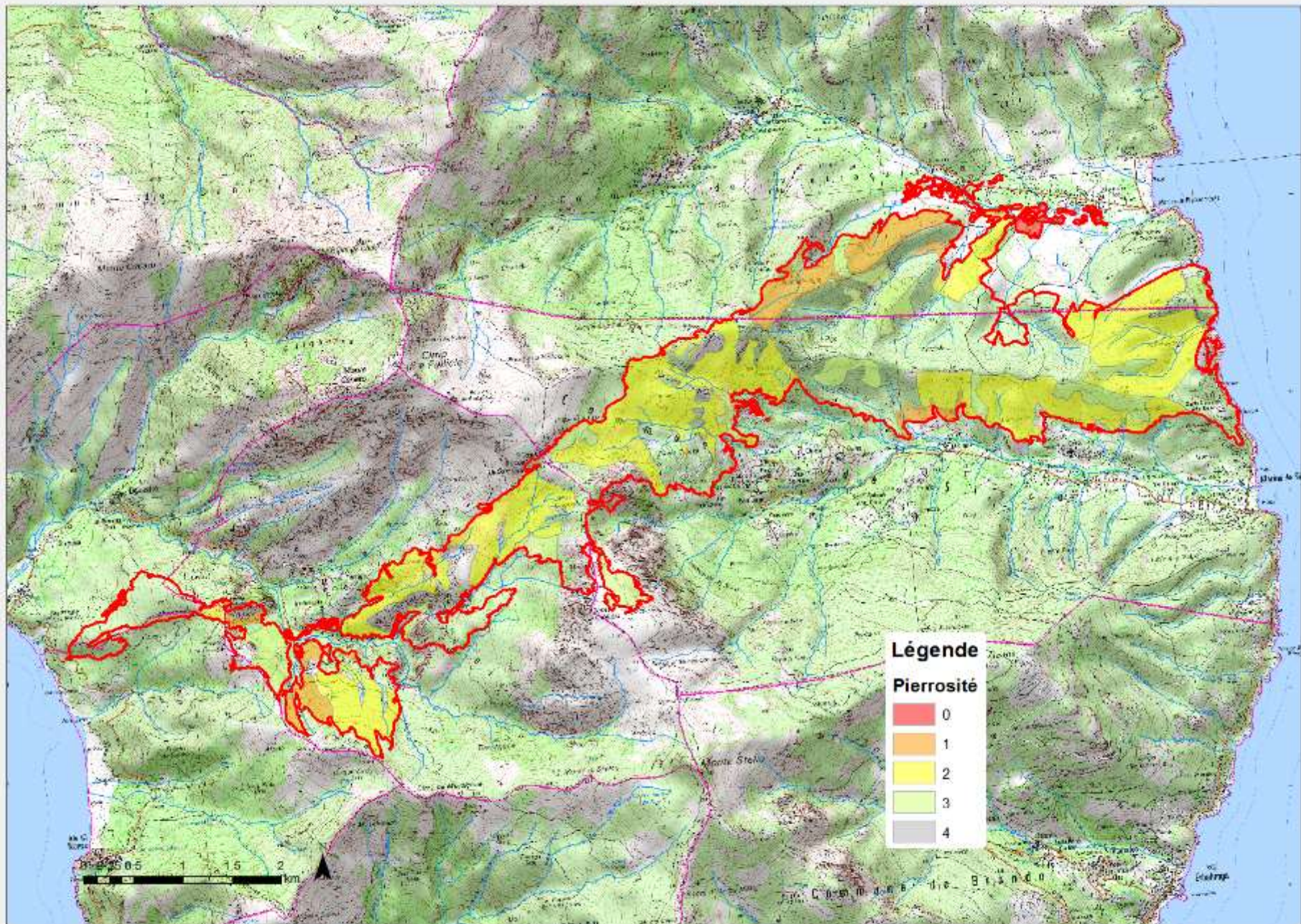
- carte des sols à partir de la carte géologique et des campagnes de terrain
- carte d'occupation des sols à partir de la BD Topo (pour les cours d'eau, les routes et les zones urbanisées), les données Theia (<https://www.theia-land.fr/fr/ces-occupation-sols>) en 15 classes
- utilisation de l'indice CN (curve number) issu de la littérature pour chaque combinaison sol / occupation du sol permet dévaluer le coefficient de ruissellement
- érodibilité, la rugosité et la concentration potentielle en sédiment à partir des données bibliographique (notamment Shakesby, 2011) et des campagnes de terrain
- modèle WATERSED calibré sur les débits centennaux et décennaux aux niveaux des exutoires situés à Pietracorbara et Sisco pour la zone d'Ogliastro

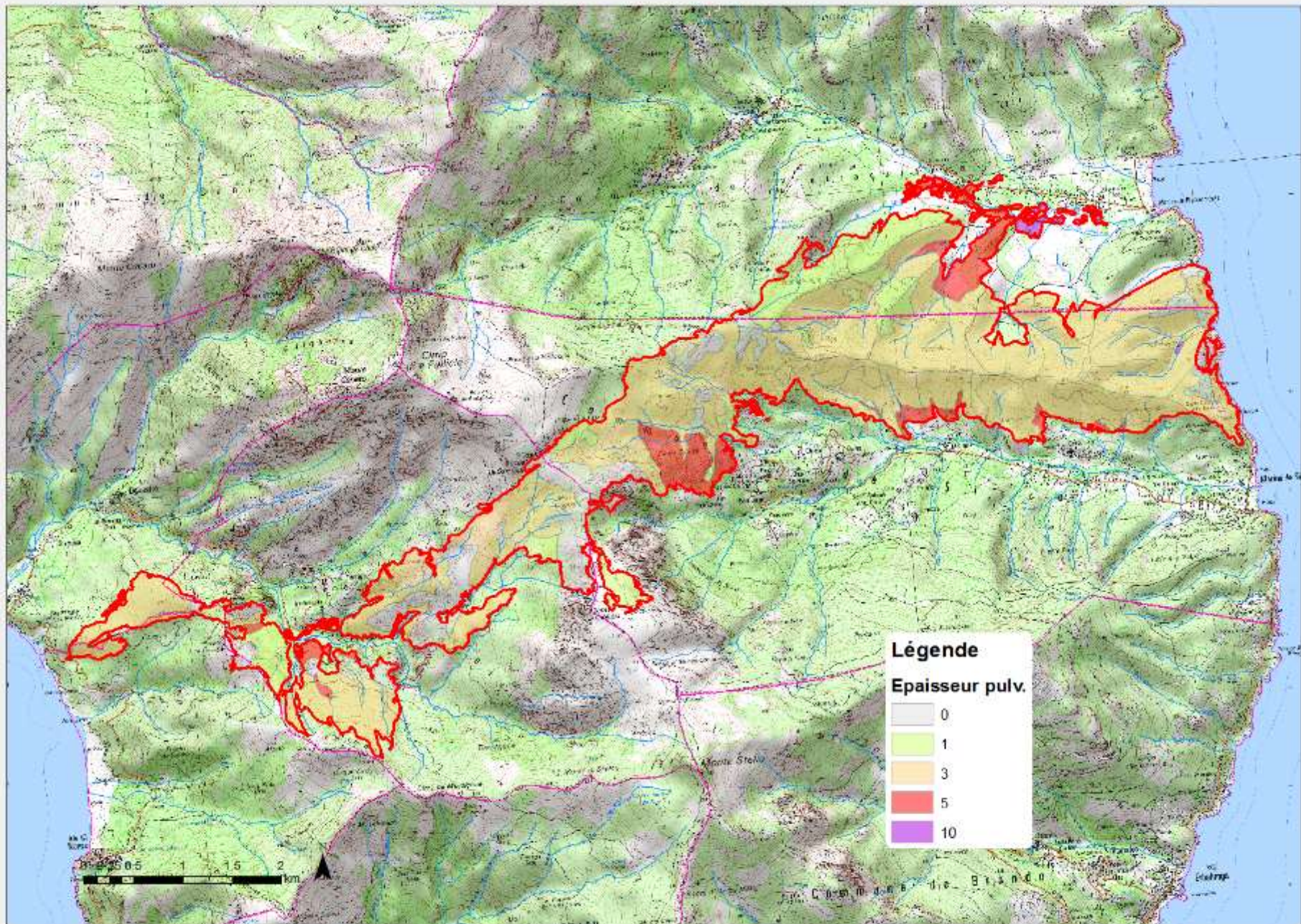


QUANTIFICATION DU SUR-ALEA

Construction des couches d'entrée :







QUANTIFICATION DU SUR-ALEA

Calage des modèles d'écoulement aux exutoires :

Pour les 2 bassins incendiés :

- Pluie centennale : **170 mm en 24h**, avec une durée effective de 14h
- Pluie décennale : **115 mm en 24h** avec une durée effective de 10h

	Centennal (m3/s)		Décennal (m3/s)	
	PPRI	Modélisé	PPRI	Modélisé
Pietracorbara	228	142	190	50
Sisco	165	143	80	60
Bevinco	500	375		190
Rassignani	133	82		30

Les débits sont sous-estimés avec le modèle = hypothèses du modèle WATERSED

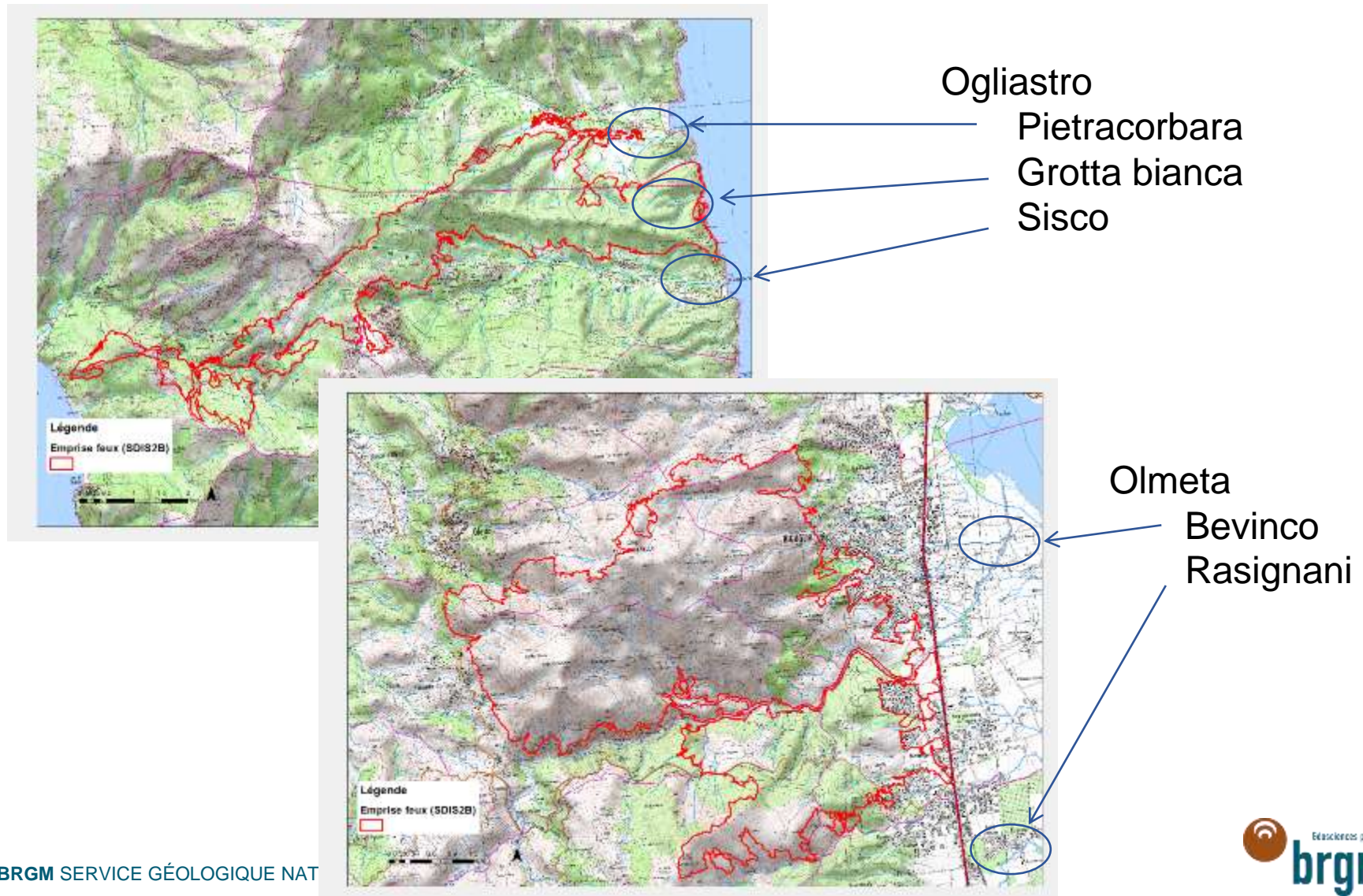
(utilisation de diagrammes théoriques triangulaires pour les débits qui «étalent» les débits et atténuent les pics brutaux)

L'ensemble de ces résultats de simulations restent principalement valables pour une utilisation en relatif dont le but est de hiérarchiser la dangerosité d'une situation relativement à une autre. Avec le niveau de paramétrisation utilisé (qui n'inclut pas de campagne de mesures des caractéristiques hydrodynamiques et physiques des sols) et sans la disponibilité de mesures de ruissellement et d'érosion de référence, il apparaît délicat d'utiliser les résultats des simulations comme des valeurs absolues de référence quantifiées.



QUANTIFICATION DU SUR-ALEA

Calage des modèles d'écoulement aux exutoires :



QUANTIFICATION DU SUR-ALEA

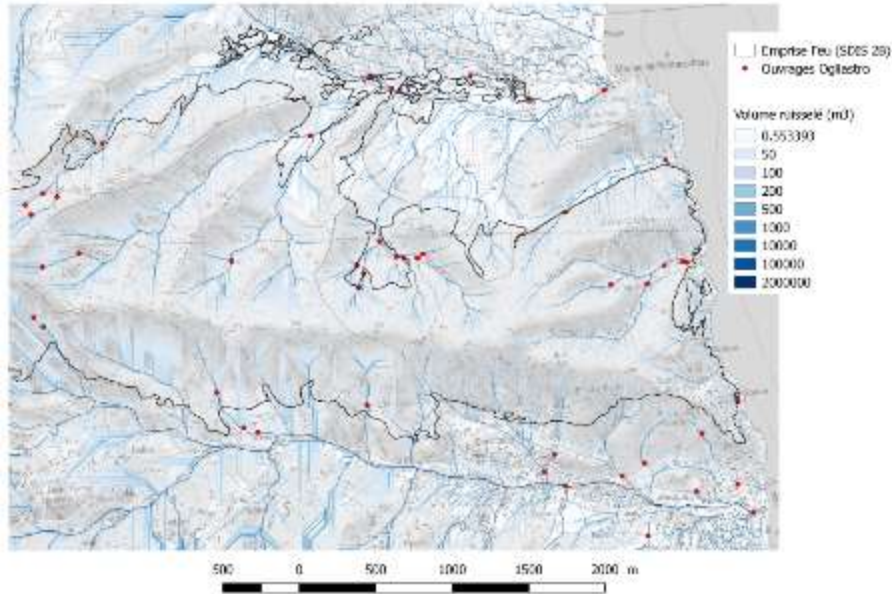
Calage des modèles d'écoulement aux exutoires :

DECENNAL		Ogliastro					
		Pietracorbara		Grotta Bianca		Sisco	
Volume ruisselé (10 ³ m ³)	Non brûlé	552	21%	15	168%	604	14%
	Brûlé	669		40		691	
Débit de pointe (m ³ /s)	Non brûlé	49	35%	3	321%	59	23%
	Brûlé	67		12		73	
Quantité de sédiments (t)	Non brûlé	341	x 5.4	11	x 32.6	248	x 5.9
	Brûlé	1 855		355		1 458	

CENTENNAL		Ogliastro					
		Pietracorbara		Grotta Bianca		Sisco	
Volume ruisselé (10 ³ m ³)	Non brûlé	1 313	12%	35	101%	1 256	9%
	Brûlé	1 476		70		1 367	
Débit de pointe (m ³ /s)	Non brûlé	142	21%	8	187%	143	15%
	Brûlé	171		24		165	
Quantité des sédiments (t)	Non brûlé	993	x 3.8	33	x 20	689	x 4.2
	Brûlé	3 735		665		2 860	

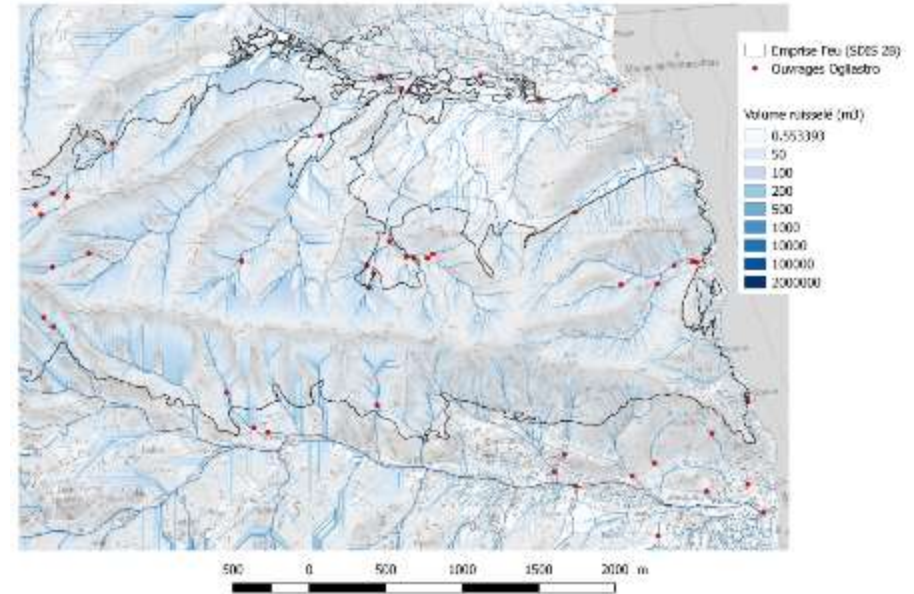
QUANTIFICATION DU SUR-ALEA

Résultats Ogliastro :



/ pixel élémentaire

Non brûlé

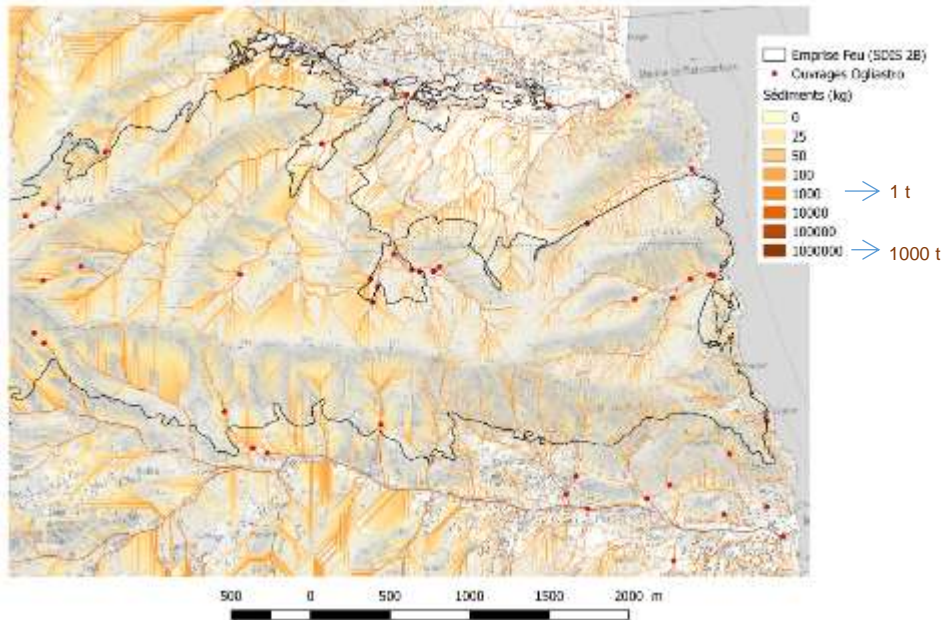


Brûlé

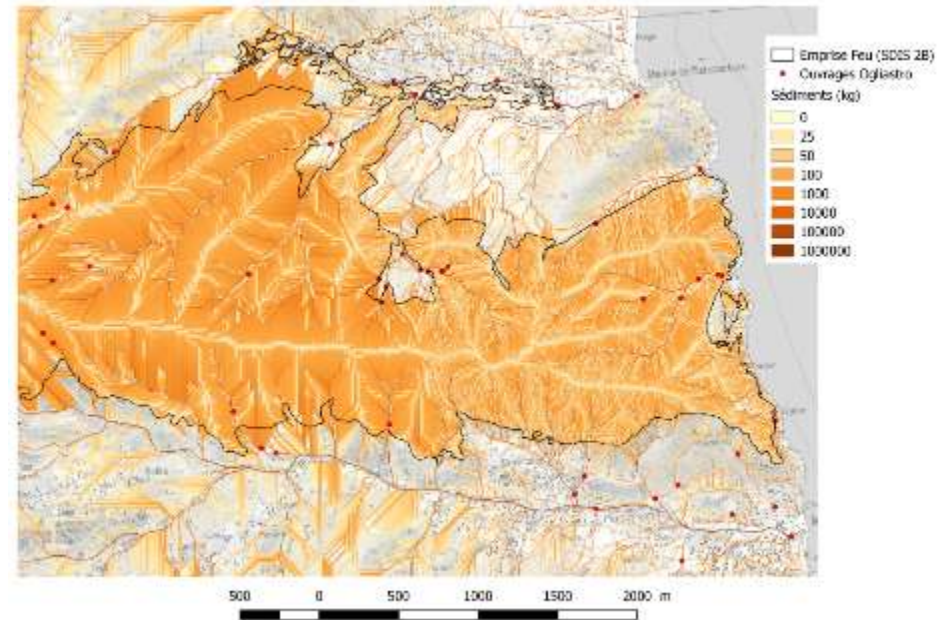
Evolution des volumes ruisselés (événement centenal)

QUANTIFICATION DU SUR-ALEA

Résultats Ogliastro :



Non brûlé

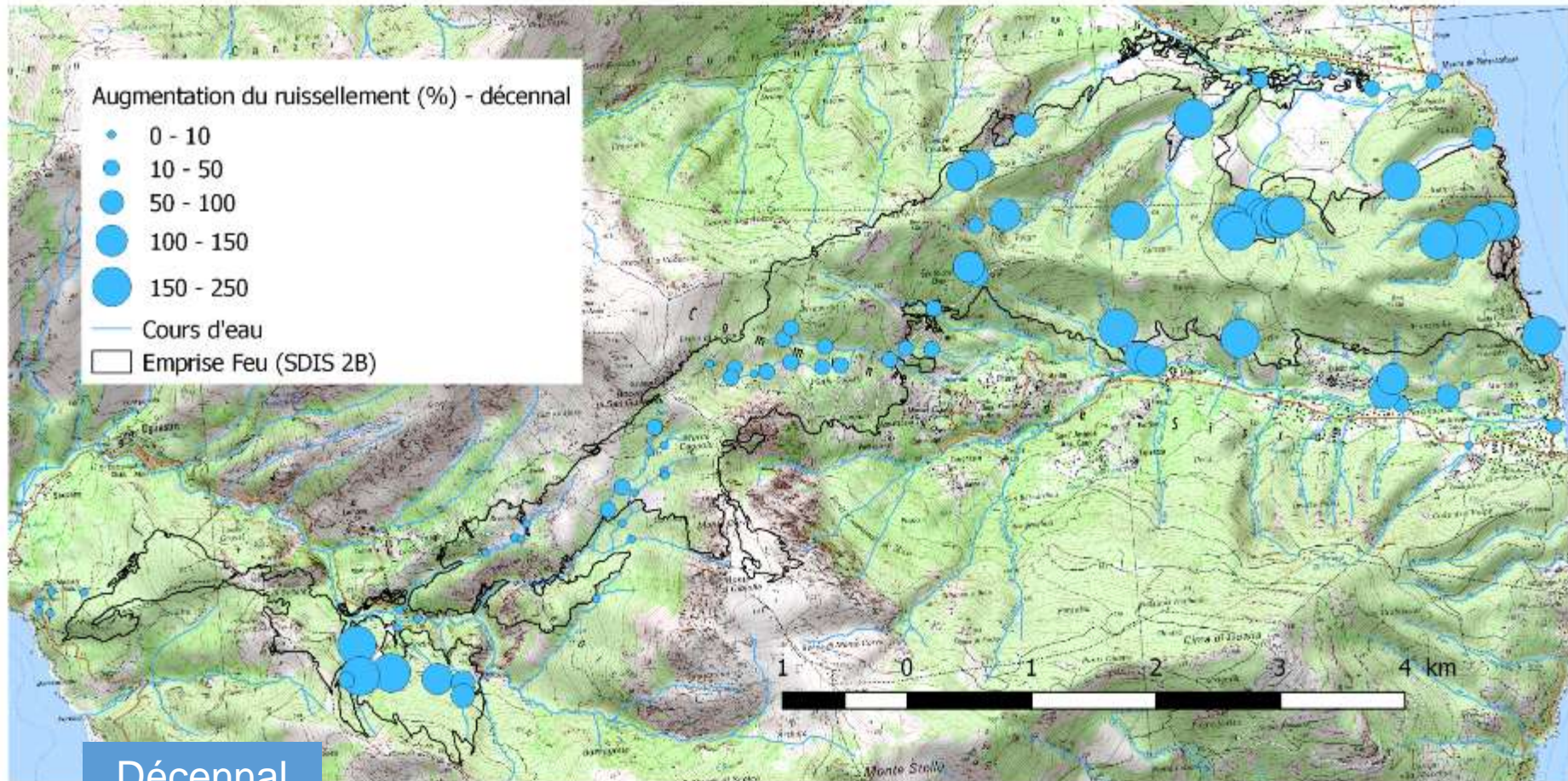


Brûlé

Evolution du transport sédimentaire

QUANTIFICATION DU SUR-ALEA

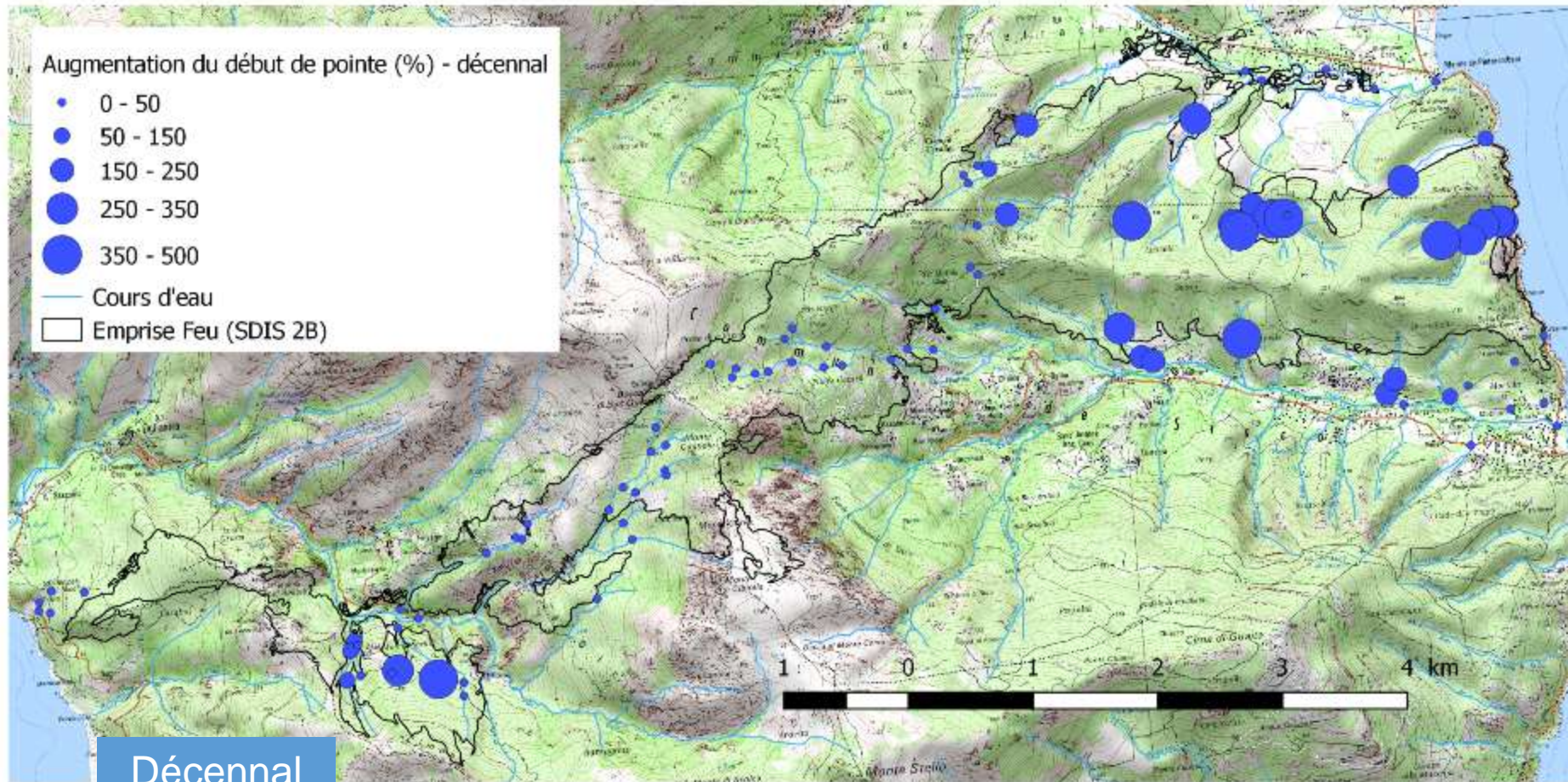
Résultats Ogliastro :



Augmentation du ruissellement

QUANTIFICATION DU SUR-ALEA

Résultats Ogliastro :

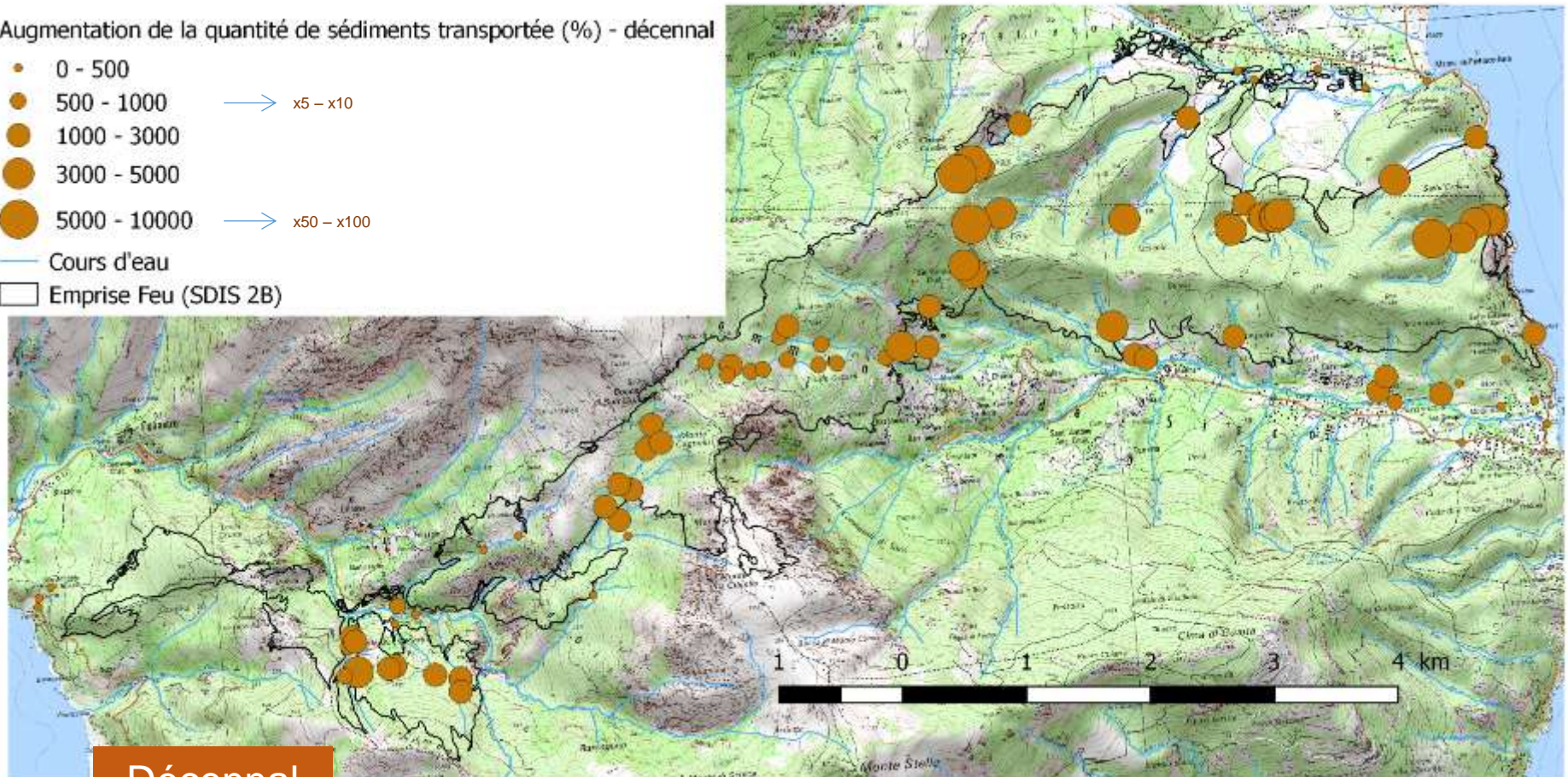
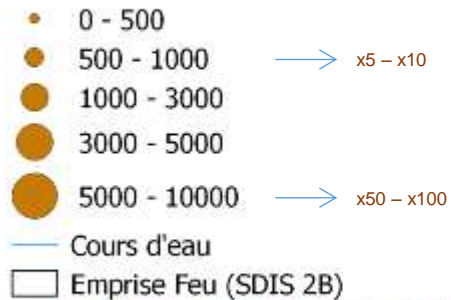


Variation des débits de pointe

QUANTIFICATION DU SUR-ALEA

Résultats Ogliastro :

Augmentation de la quantité de sédiments transportée (%) - décennal

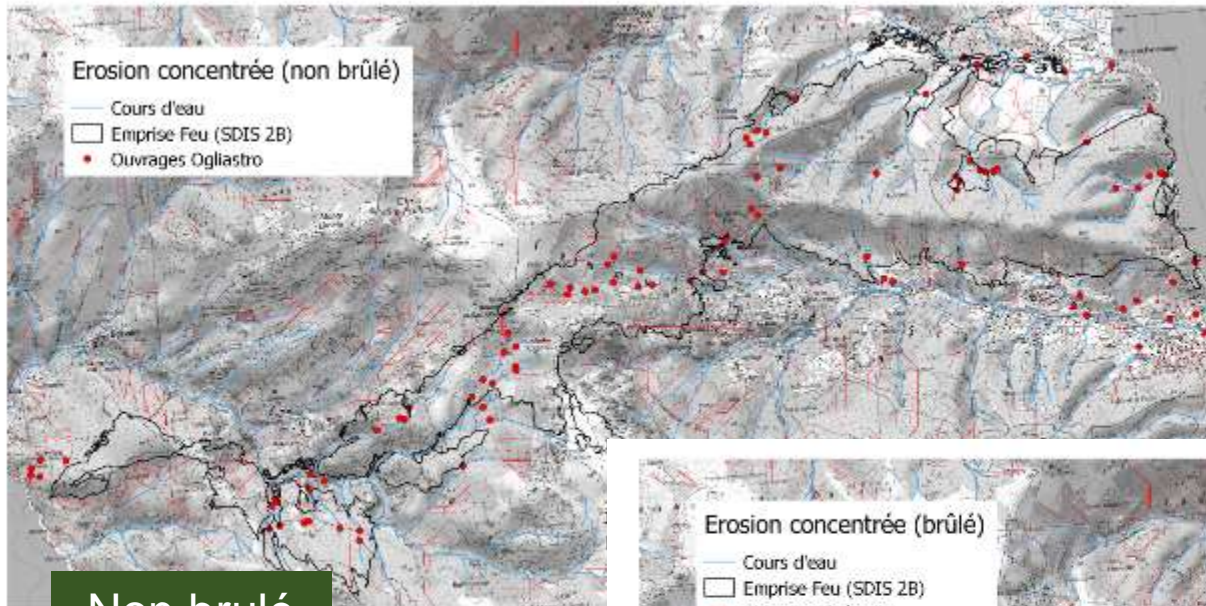


Décennal

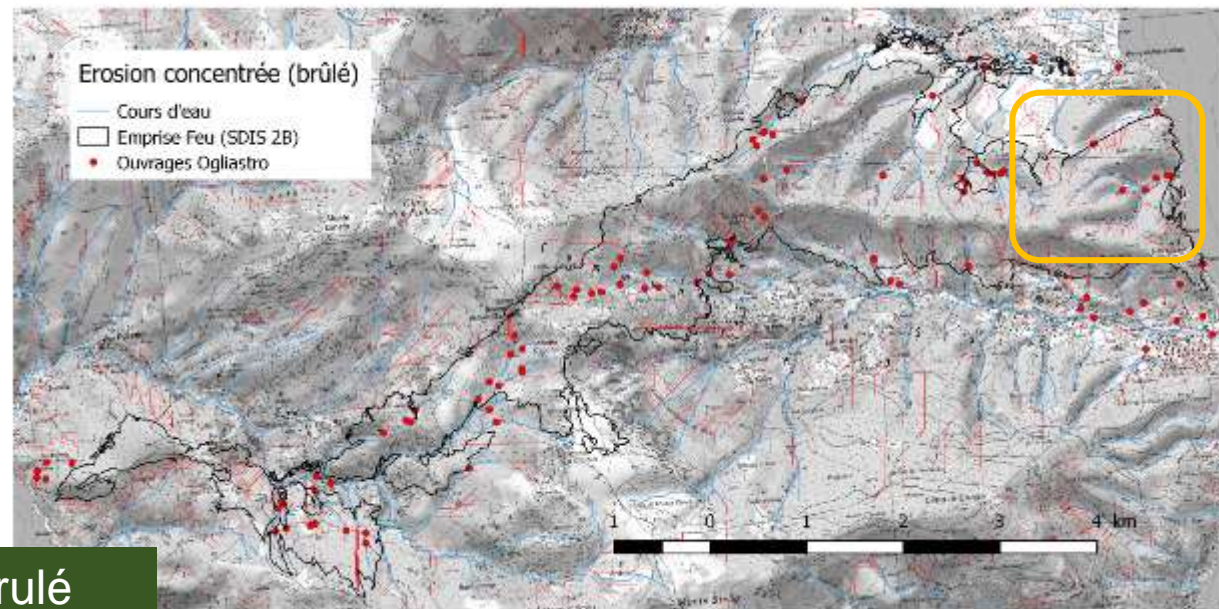
Augmentation du transport sédimentaire

QUANTIFICATION DU SUR-ALEA

Résultats Ogliastro : zone d'érosion concentrée



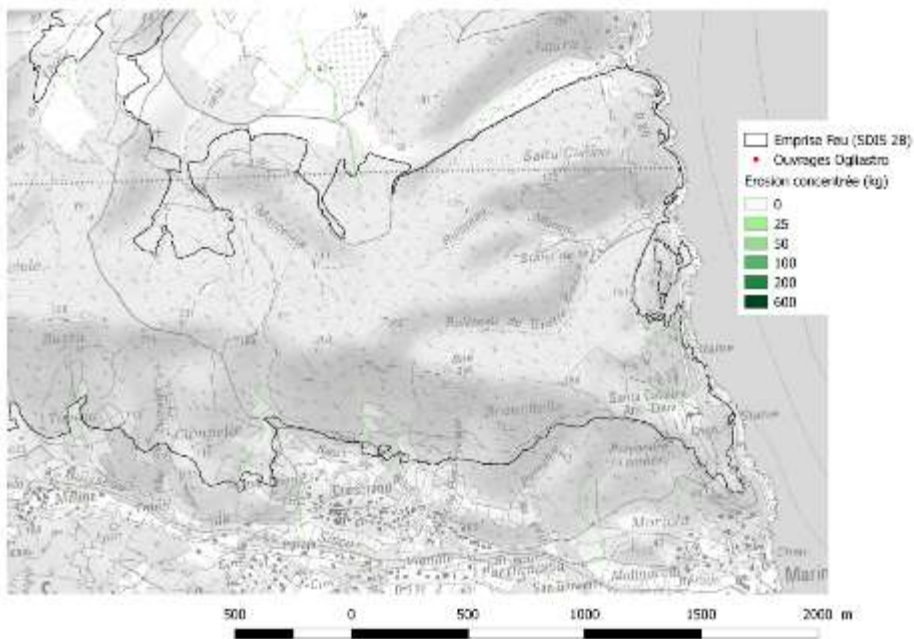
Non brûlé



Brûlé

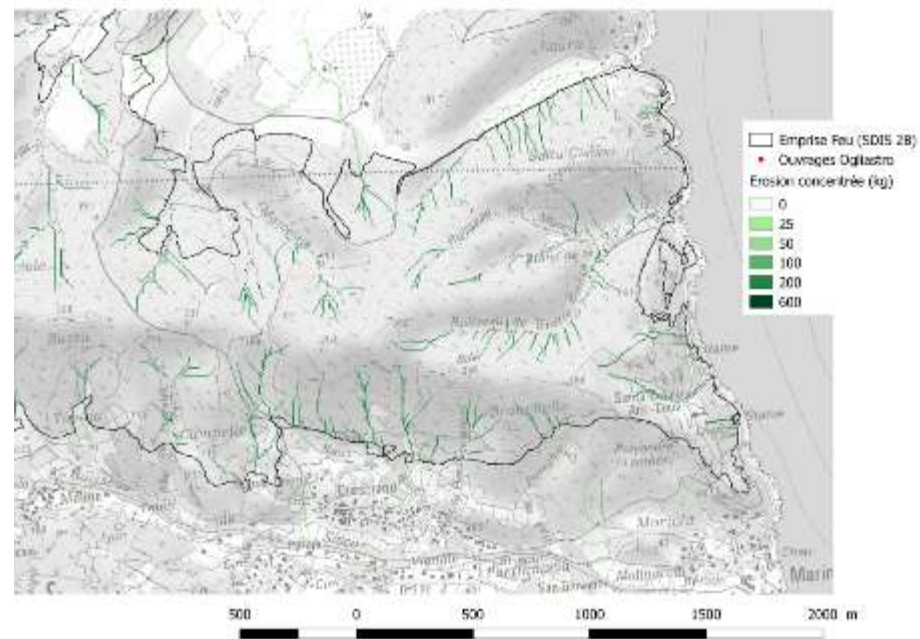
QUANTIFICATION DU SUR-ALEA

Résultats Ogliastro : zone d'érosion concentrée :



Charge sédimentaire par pixel élémentaire

Non brûlé



Brûlé

❑ Des phénomènes ciblés :

- Glissements (o) : très localisés
- Chutes de blocs (++ local) : défilé de Lancone
- Erosion (+++) : fonction des typologies de sols & des zones brûlées

❑ Identification de zones critiques (10 sur les 2 zones)

❑ Recommandations en matière de gestion du risque associé

❑ Quantification du sur-aléa lié aux feux :

- Par bassin versant
- Au droit des ouvrages de franchissement
- Conséquences en matière d'inondation

□ Des conséquences variées sur l'érosion :

- En fonction de la taille des BV : + BV de faible surface + l'impact relatif est élevé
- En fonction de l'évènement pluvieux : + la période de retour est faible + l'impact relatif est élevé
 - ✓ Nb. critique pour des périodes décennales et + dans ce contexte

□ Modèles calés sur les données terrain + bibliographie notamment pour zones « hors incendies »

- Validité en « relatif » = hiérarchisation même si calage hydrologique
- Construction attendue d'un modèle physique, calé sur des données instrumentées locales le cas échéant sur sédiments

CONCLUSIONS & PERSPECTIVES

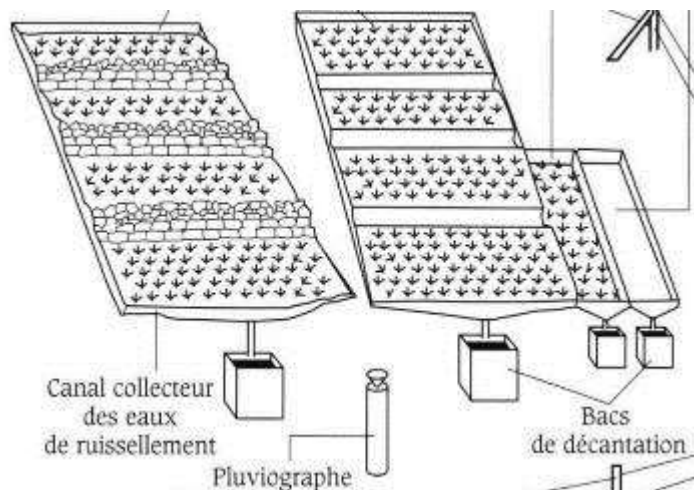
PERSPECTIVES

Ultérieurement ?

Feux = facteur conditionnant la réponse hydrologique d'un bassin versant (ex. décennal vs centennal)

Objectif : meilleure compréhension de l'impact des incendies sur les risques naturels d'origine géologique et hydraulique

- ❑ Amorce d'un véritable « **observatoire de l'érosion** » en Corse incluant la problématique incendie



1. Suivi qualitatif & quantitatif des transferts solides à l'échelle des sites
2. Réactivité vs événements – feux / pluies
3. Garantie de REX de qualité
4. Adaptation des pratiques

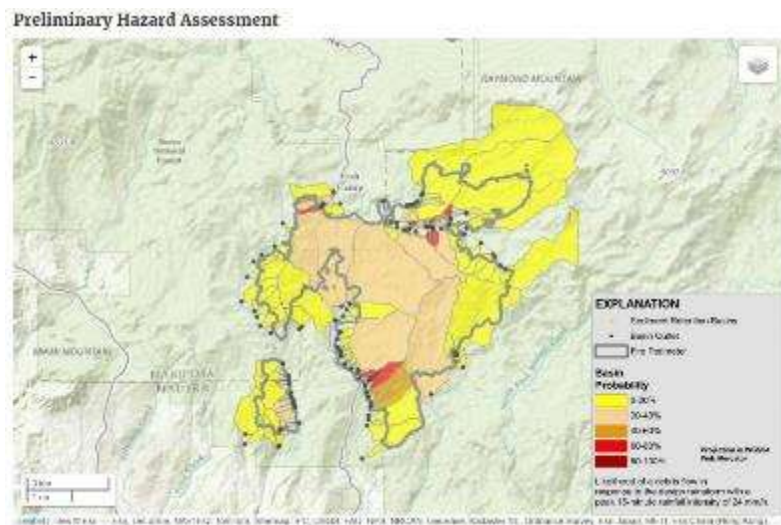
CONCLUSIONS & PERSPECTIVES

PERSPECTIVES

Perspectives :

- ❑ Proposition d'outils et méthodes pour :
 - la prédiction de l'activité de mouvements de terrain post-incendies
 - la délimitation des dangers associés...

dans un contexte de **changement climatique global** favorisant a priori l'augmentation de la fréquence – voire de l'intensité) des séquences « incendies / précipitations intenses »



1. Définition de méthode calibrée d'intervention post-incendie
2. Fourniture d'évaluation des risques en fonction des typologies d'évènements attendus et des enjeux exposés
3. Tester l'efficacité de mesures de remédiation – d'urgence et de plus long terme, en contexte grandeur réelle

Ex. Evaluation du risque de coulée-chariage suite à incendies
(<https://landslides.usgs.gov/>)



MERCI



Construction des couches d'entrée :

Pour chaque zone, la carte géologique a été utilisée pour classer les formations en classe A ou C. Une troisième classe a été utilisée pour caractériser les formations rocheuses ruisselantes.

Une carte d'occupation des sols a été réalisée en combinant la BD Topo (pour les cours d'eau, les routes et les zones urbanisées) les données Theia (<https://www.theia-land.fr/fr/ces-occupation-sols>). Un regroupement des classes d'occupation du sol a permis de ne garder que 15 classes (culture d'été, cultures d'hiver, forêt de feuillus, forêt de conifères, pelouse/prairies, bâti, eau, vergers, vignes, landes, urbain diffus, routes, chemins, surfaces minérales, plages/dunes)

Utilisation de CN issu de la littérature pour chaque combinaison sol/occupation du sol.

Pour chaque évènement pluvieux le CN permet de déterminer l'imbibition, la capacité d'infiltration et réserve utile.

L'érodibilité, la rugosité et la concentration potentielle en sédiment ont été établis grâce à des données issues de la bibliographie (notamment Shakesby, 2011 pour quantifier l'augmentation de ces paramètres entre les configurations brûlées et non-brûlées).

Le modèle WATERSED a ensuite été calibré sur les débits centennaux et décennaux aux niveaux des exutoires situés à Pietracorbara et Sisco pour la zone d'Ogliastro. Le modèle est bien calé au niveau de Sisco mais sous-estime un peu le débit au niveau de Pietracorbara. Pour la zone d'Oletta, le calage n'a pu être réalisé que sur l'évènement centennal au niveau de l'exutoire du Bevinco et de Rasignani. Les débits sont légèrement sous-estimés avec le modèle.

Le modèle WATERSED a ensuite été calibré sur les débits centennaux et décennaux aux niveaux des exutoires situés à Pietracorbara et Sisco pour la zone d'Ogliastro. Le modèle est bien calé au niveau de Sisco mais sous-estime le débit au niveau de Pietracorbara. Pour la zone d'Oletta, le calage n'a pu être réalisé que sur l'évènement centennal au niveau de l'exutoire du Bevinco et de Rassignani (cf. tableau ci-dessous).

Les débits sont sous-estimés avec le modèle. Cette sous-estimation est essentiellement due aux hypothèses du modèle WATERSED, en raison de l'utilisation de diagrammes théoriques triangulaires pour les débits, qui « étalent » les débits et ainsi atténuent les pics brutaux.

Résultats des modélisations :

		Ogliastro			Oletta	
		Pietracorbara		Sisco	Bevinco	Rassignani
Centennal	Volume ruisselé (m ³)	1 312 905	35 111	1256123	6 267 361	963 116
	Brûlé	1 475 976	70 488	1367044	6 871 309	963 116
	Débit de pointe (m ³ /s)	141.5	8.2	142.8	375	82.2
	Brûlé	171.2	23.5	164.8	431	82.2
	Quantité des sédiments (kg)	992 903	33 214	688898	3 915 585	798 097
	Brûlé	3 735 151	664 738	2860337	14962247	798 097
Décennal	Volume ruisselé (m ³)	552 304	14 867	603853	3 285 742	413 312
	Brûlé	668 811	39 874	690916	3719423	413 3
	Débit de pointe (m ³ /s)	49.2	2.9	59.3	188.3	29.9
	Brûlé	66.6	12.2	73.2	226	29.9
	Quantité de sédiments (kg)	340 776	10 891	247813	1 628 668	293 118
	Brûlé	1 854 569	354 871	1458081	7 777 870	293 118

	Centennal		décennal	
	PPRI	Modélisé	PPRI	Modélisé
Pietracorbara	228	142	190	50
Sisco	165	143	80	60
Bevinco	500	375		190
Rassignani	133	82		30