



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Cartographie du ruissellement et de l'érosion des sols sur le bassin versant de la Troesne

Réunion de restitution

12/02/2019

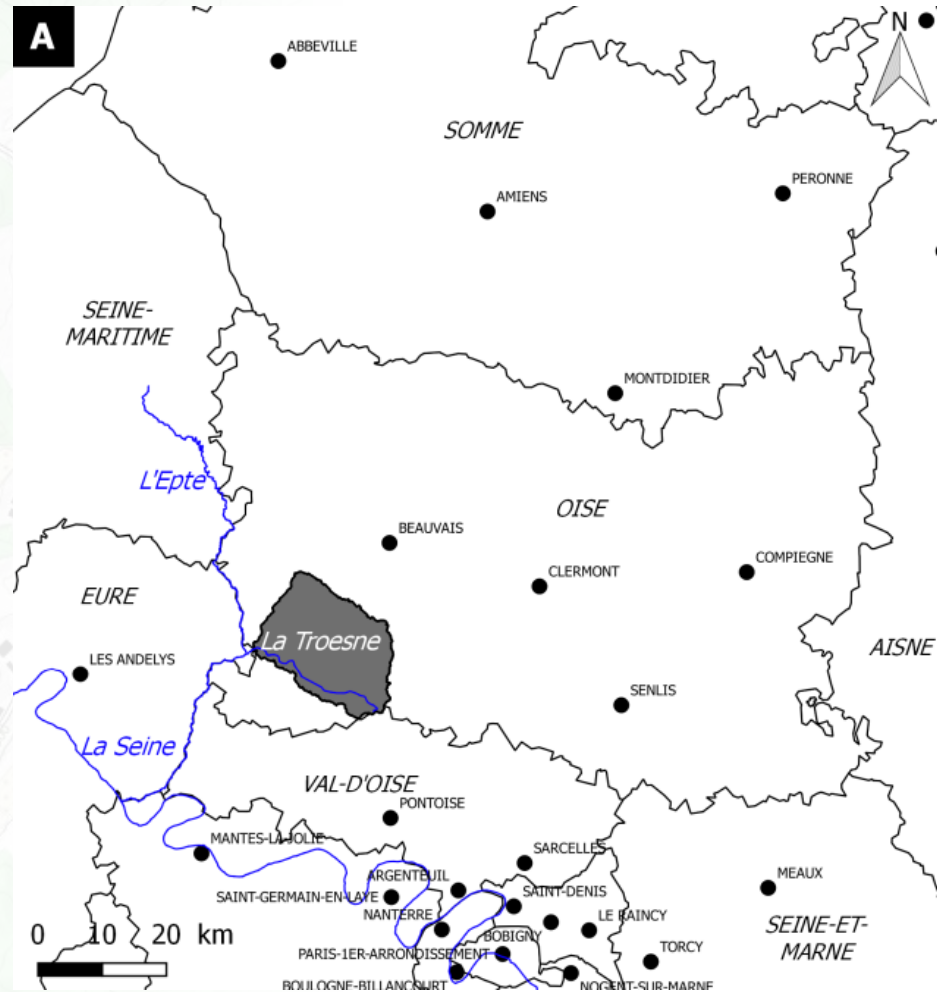
*Direction Départementale des
Territoires de l'Oise*

Objectif

Identifier les zones de risque (talweg et exutoire) pour une intégration dans les documents de planification (PLU, CC) et définir les aménagements à réaliser pour assurer la gestion du risque coulée de boue à l'échelle du bassin versant.

- Un **état des lieux** des bassins versants étudiés avec un recueil des données
- Un **diagnostic de terrain** visant une bonne description des chemins d'écoulement des eaux
- Une **quantification du ruissellement et de l'érosion** pour différents temps de retour aboutissant à une cartographie de l'aléa coulée de boue
- Une **cartographie des enjeux** permettant d'identifier les zones de risque
- Une **stratégie de gestion** des transferts hydrologiques et sédimentaires

1. Le territoire d'étude - Localisation



Périmètre d'étude : Bassin versant de la Troesne

Département : Oise (60)

Superficie : 300 km²

Nombre de communes : 54 (dont 13 limitrophes)

Nombre d'EPCI : 3

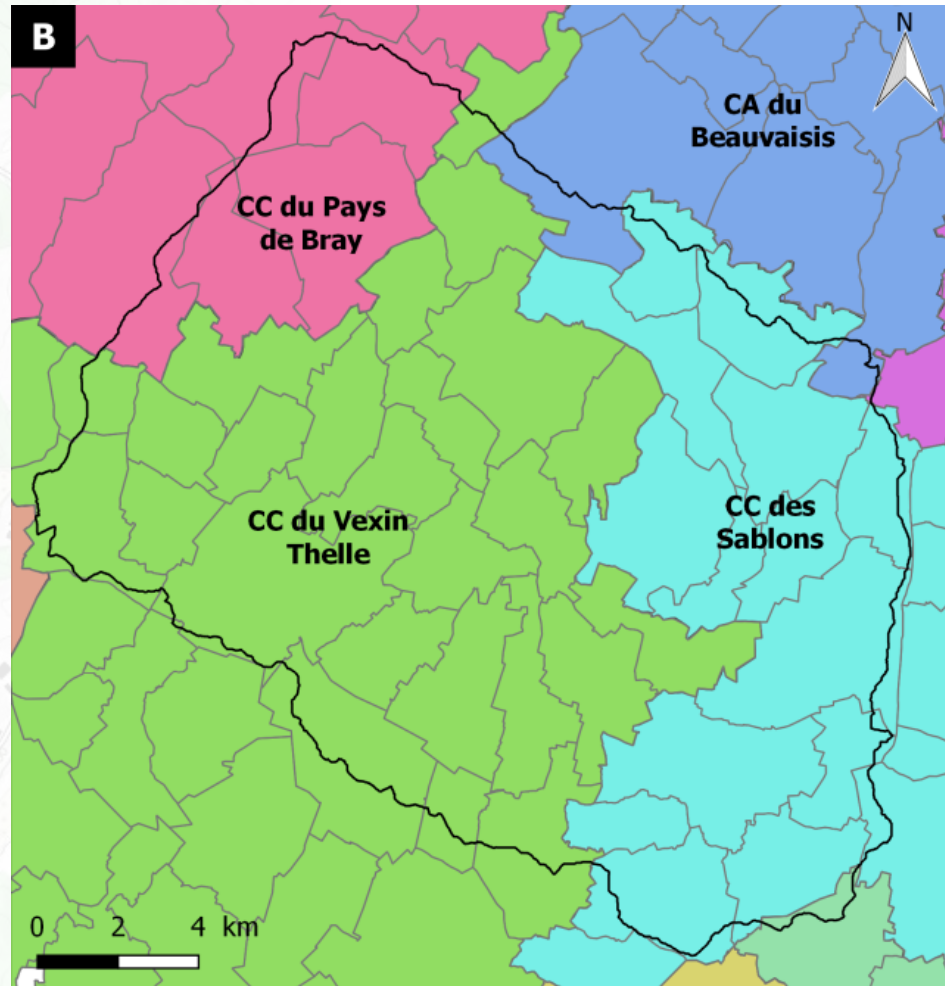
Population : 22 500 hab. (INSEE, 2015)

La Troesne :

Affluent de l'Epte

Confluence à Gisors

1. Le territoire d'étude - Localisation



Périmètre d'étude : Bassin versant de la Troesne

Département : Oise (60)

Superficie : 300 km²

Nombre de communes : 54 (dont 13 limitrophes)

Nombre d'EPCI : 3

Population : 22 500 hab. (INSEE, 2015)

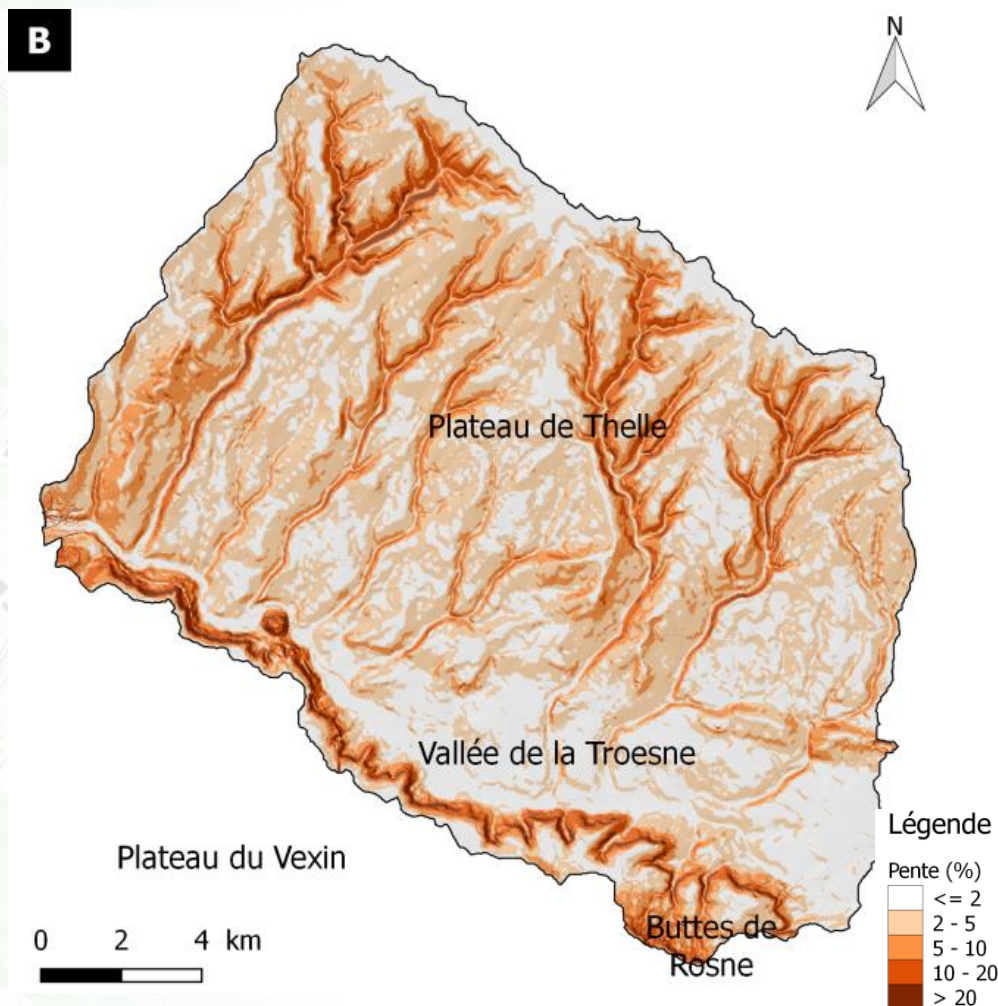
La Troesne :

Affluent de l'Epte

Confluence à Gisors

1. Le territoire d'étude - Topographie

Carte des pentes



3 unités morphologiques :

✓ Le Plateau du Thelle au nord :

Large plateau à pente douce (0-5%) incliné vers le sud-ouest en direction de la vallée de la Troesne.

Réseau de vallée et vallons étroits à forte pente, parallèles les uns aux autres et orientés perpendiculairement à la vallée de la Troesne

✓ Les versants pentus au sud :

Versants courts à forte pente (> 20%) occupant la frange sud du bassin

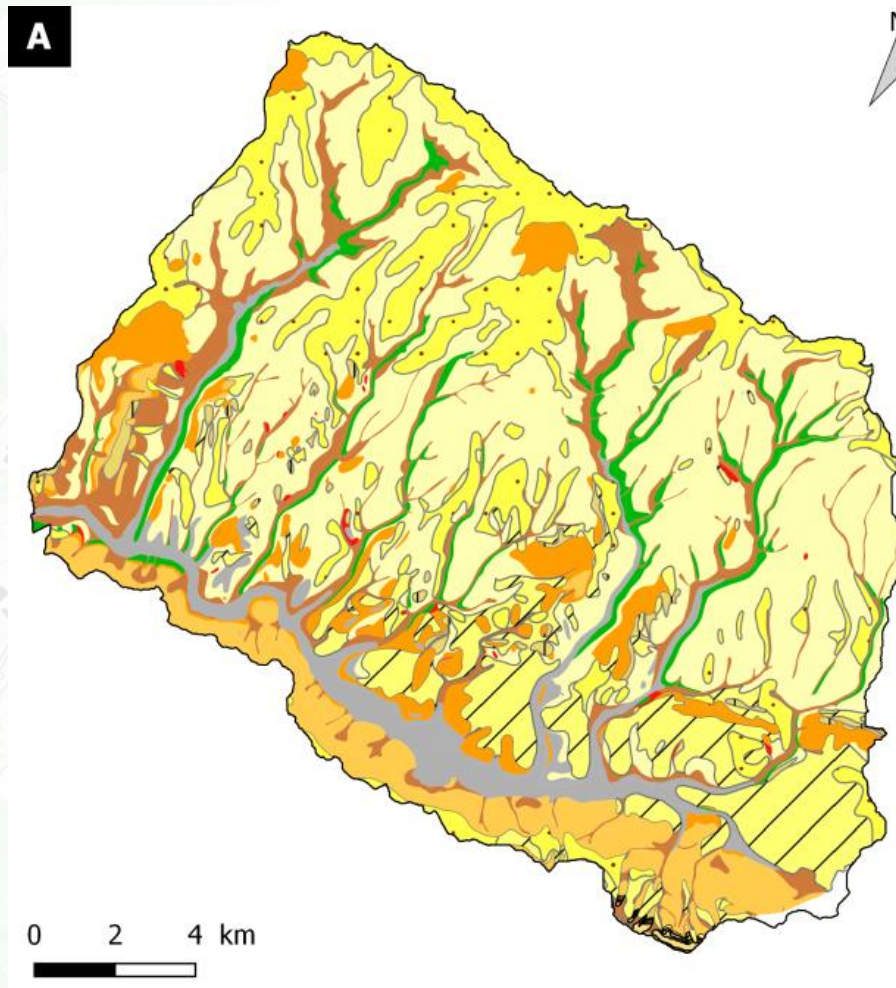
Altitude atteint environ 140 m et grimpe au sud-est à 217 m au niveau des Buttes de Rosne

✓ La vallée de la Troesne

Vallée de direction est-ouest où s'écoule la Troesne, coincée entre le Plateau du Thelle et les Buttes de Rosne

1. Le territoire d'étude - Géologie

Carte géologique simplifiée

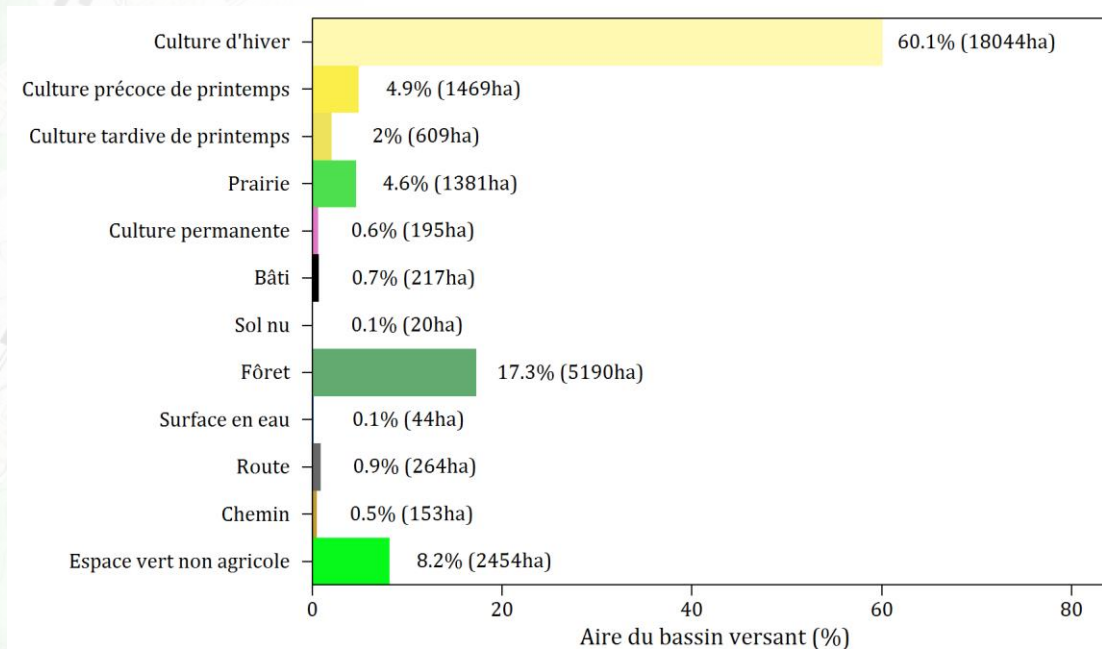


- Substratum géologique représenté par des **formations marno-craeuses d'âge Crétacé**,
- Des formations d'âge Tertiaire (Paléocène à Oligocène) correspondent à des **dépôts détritiques** remaniant les produits de démantèlement de la craie (silex, sables argiles, etc.),
- Des formations superficielles principalement représentées par des **limons à silex à forte charge caillouteuse**, reposant sur les argiles à silex,
- Des **colluvions et des alluvions** plus ou moins modernes tapissant les fonds de vallée.

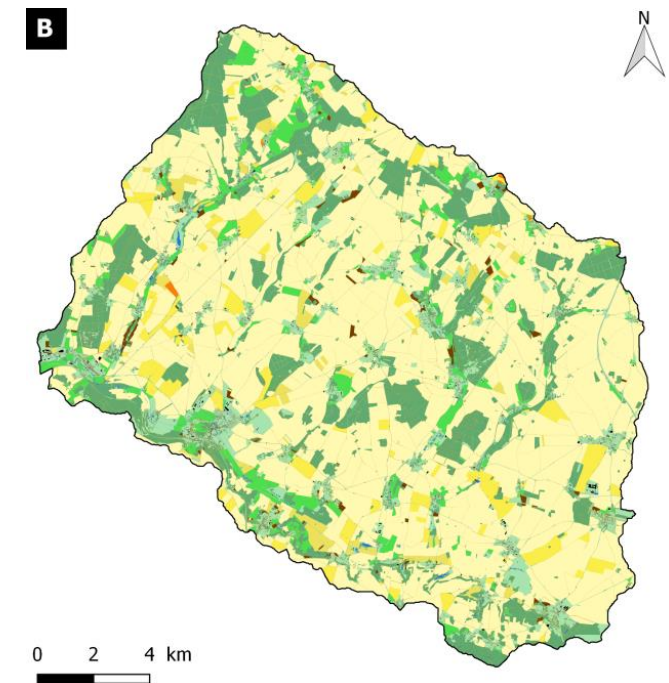
1. Le territoire d'étude – Occupation des sols

- Paysages de grandes cultures (67% de l'occupation des sols) ponctués par des boisements (17%) et des villages installés le plus souvent en fond de vallée
- Cultures largement dominées par des cultures d'hiver (blé, colza, etc.) avec 60% contre 7% pour les cultures de printemps (maïs, betterave, etc.)

Proportion des différentes classes d'occupation des sols

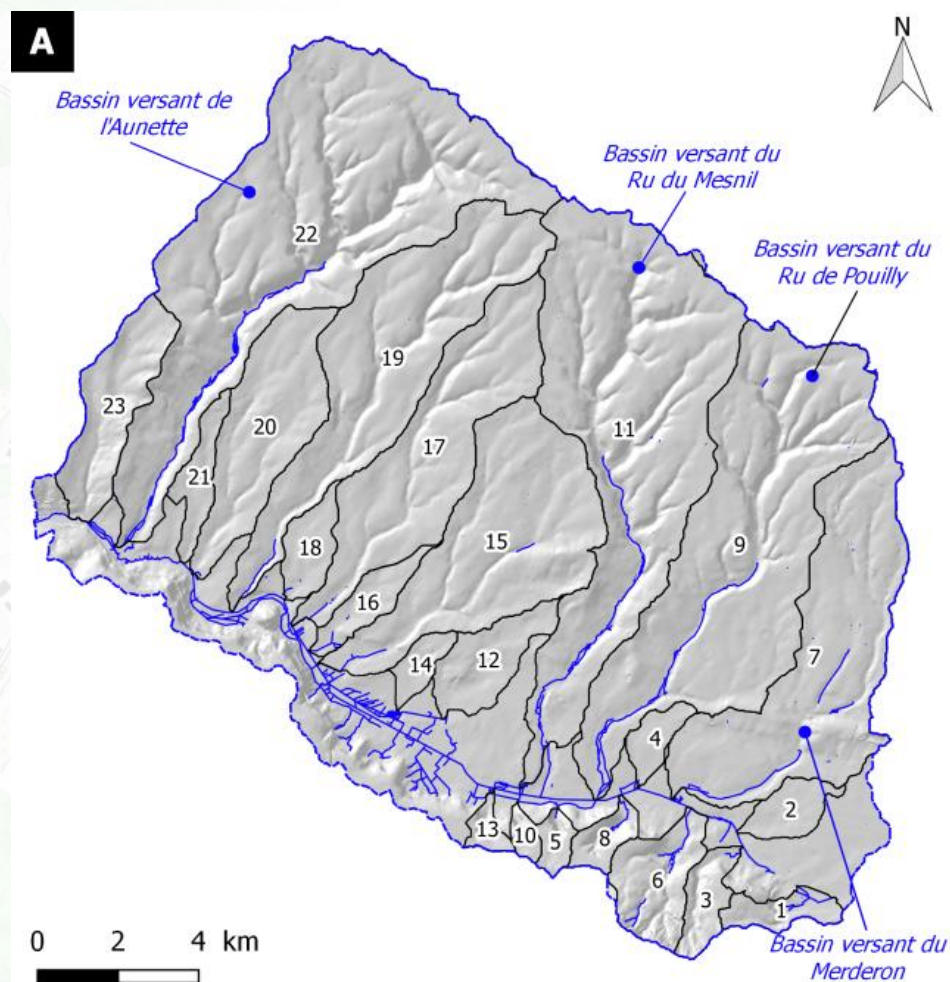


Carte de l'occupation des sols



1. Le territoire d'étude – Hydrographie

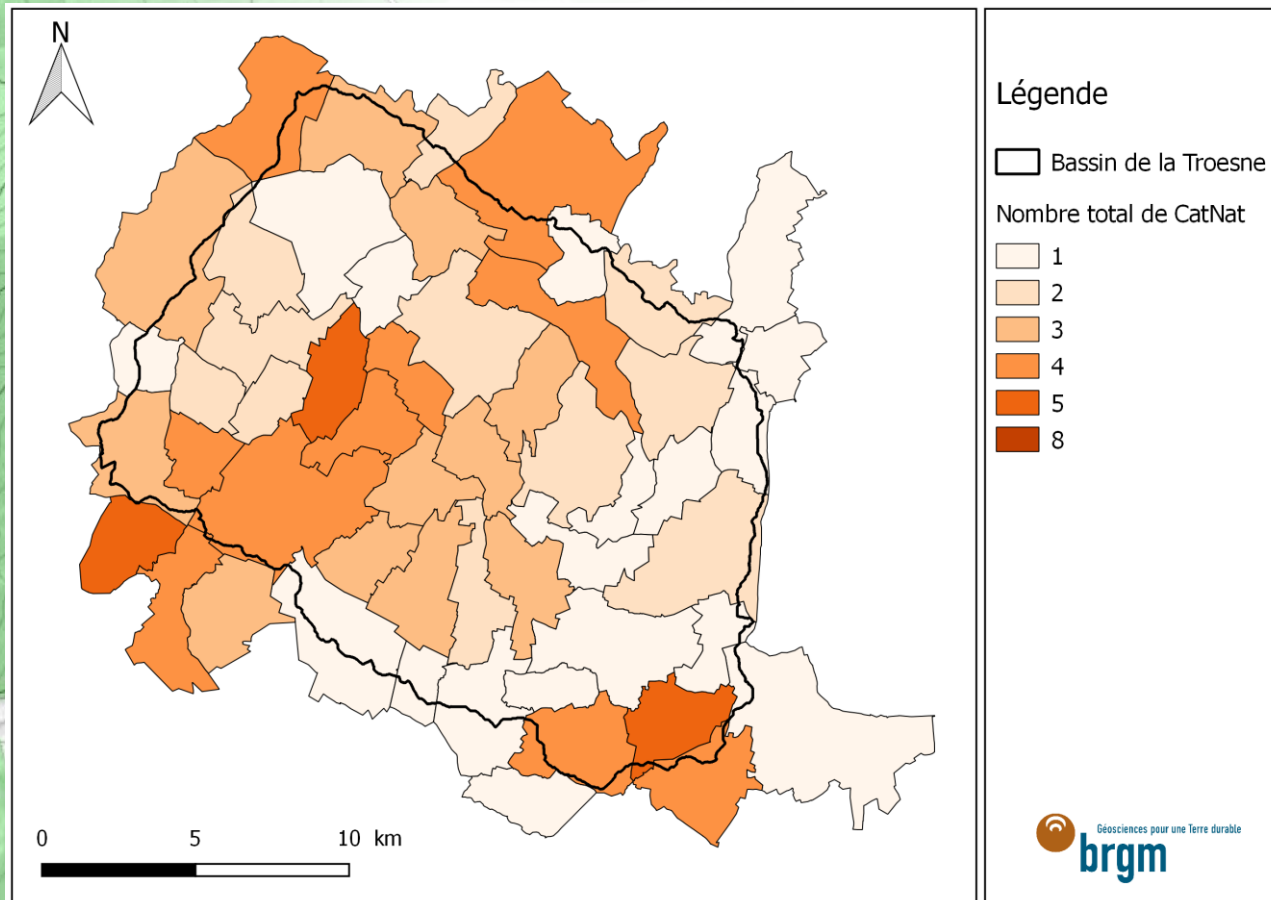
Carte du réseau hydrographique et des sous-bassins versants



- La Troesne : écoulement en pente douce au pied de la cuesta du Vexin depuis Hénonville (source) à Gisors (confluence avec l'Epte)
- Alimentation par plusieurs ruisseaux orientés perpendiculairement à la Troesne dont :
 - L'Aunette (46.5 km²)
 - Le Ru de Mesnil (39.5 km²)
 - Le Ru de Pouilly (36.9 km²)
 - Le Merderon (23.7 km²)
- Linéaire total de réseau hydrographique (BD TOPO) : 131 km

2. Historique des évènements marquants

Carte du nombre d'arrêtés CatNat « inondations et coulées de boues » par commune entre 1984 et 2016



148 arrêtés CatNat sur la période 1984-2016 dont :

- 82 pour « inondations et coulées de boues »
- 10 pour « inondations par remontée de nappe » (tous en 2001)
- 54 pour « inondations, coulées de boues et mouvement de terrain »
- 1 pour « Mouvements de terrain »
- 1 pour « Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols »

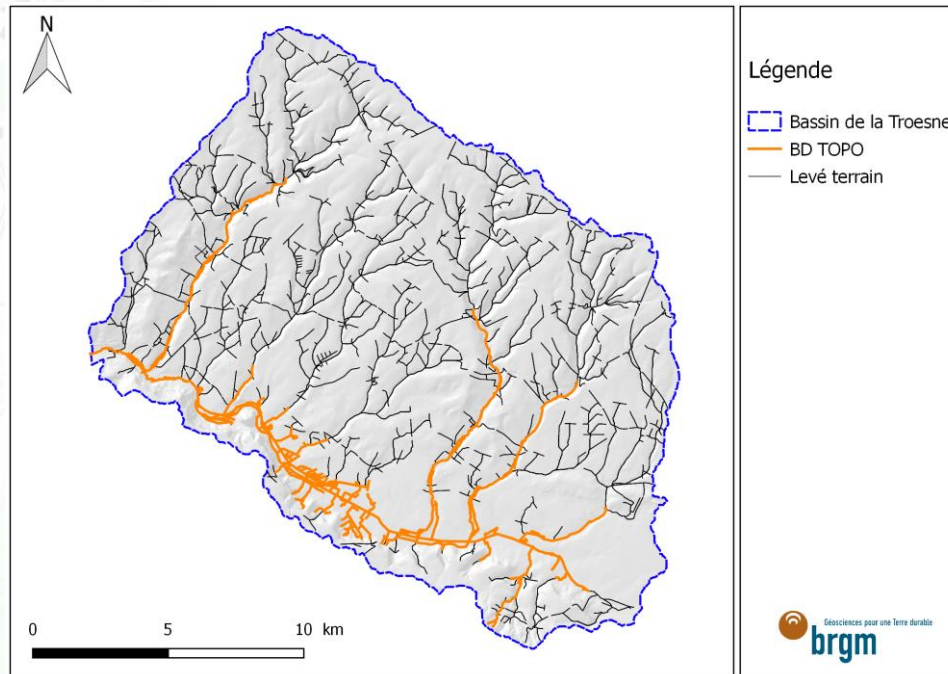
Trois phénomènes d'inondations et coulée de boue marquants :

- 1 Juillet 1993 : 18 communes sinistrées ; 89.3 mm de pluie sur la journée enregistrée à Jaméricourt
 - 4 Aout 1997 : 14 communes sinistrées ; 125 mm de pluie en 1h30 enregistré à Magny-en-Vexin, situé à quelques dizaines de kilomètres du bassin
 - 20 Septembre 2014 : 5 communes sinistrées ; entre 50 et 100 mm de pluie en 45 min
- Des orages violents principalement responsables de l'essentiel des inondations et coulées de boue

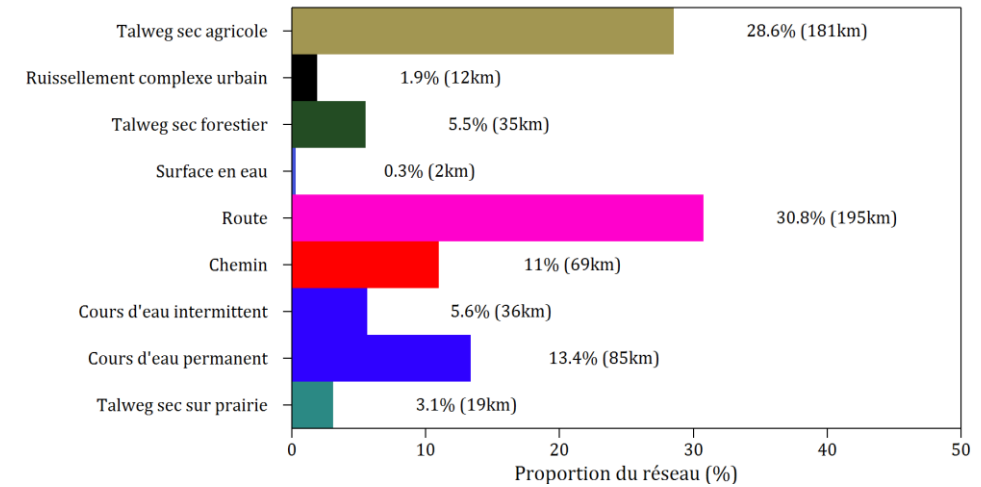
3. Expertise de terrain

- ✓ Objectif : décrire finement les chemins d'écoulement des eaux depuis la parcelle agricole au bassin versant ; donnée d'entrée pour la modélisation,
- ✓ Linéaire total d'axe de ruissellement : 633 km dont 131 km inscrit dans la BD TOPO de l'IGN et 502 km de levé réalisé sur le terrain et par PIAO,
- ✓ Classification des axes de ruissellement suivant une nomenclature à 9 classes

Carte du réseau hydrographique et des sous-bassins versants

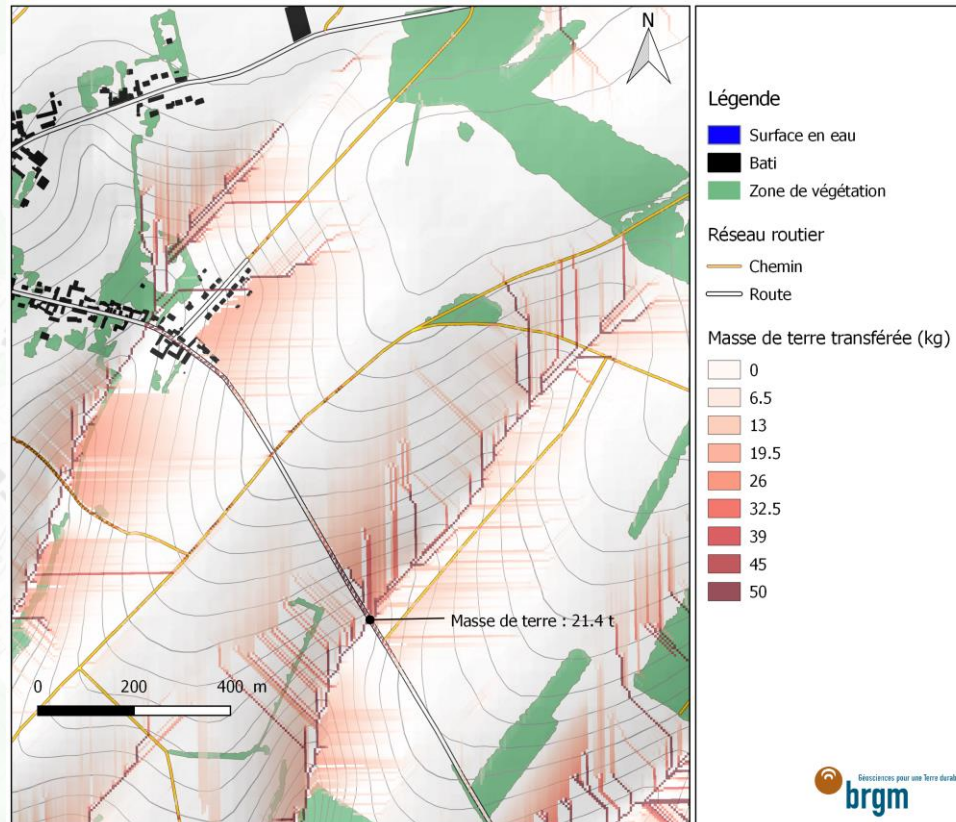


Proportion des différentes classes d'axe de ruissellement



4. Modélisation

- ✓ **Modèle utilisé : WaterSed** (Landemaine, 2016)
- ✓ **Intérêt du modèle** : simule en tout point du paysage le ruissellement et l'érosion des sols engendrés par un évènement de pluie avec des caractéristiques données



Extrait de la cartographie des masses de terre transférées simulées par le modèle WaterSed pour une pluie de 1h de période de retour 100 ans et pour une occupation des sols avec des cultures seulement représentées par des cultures d'hiver

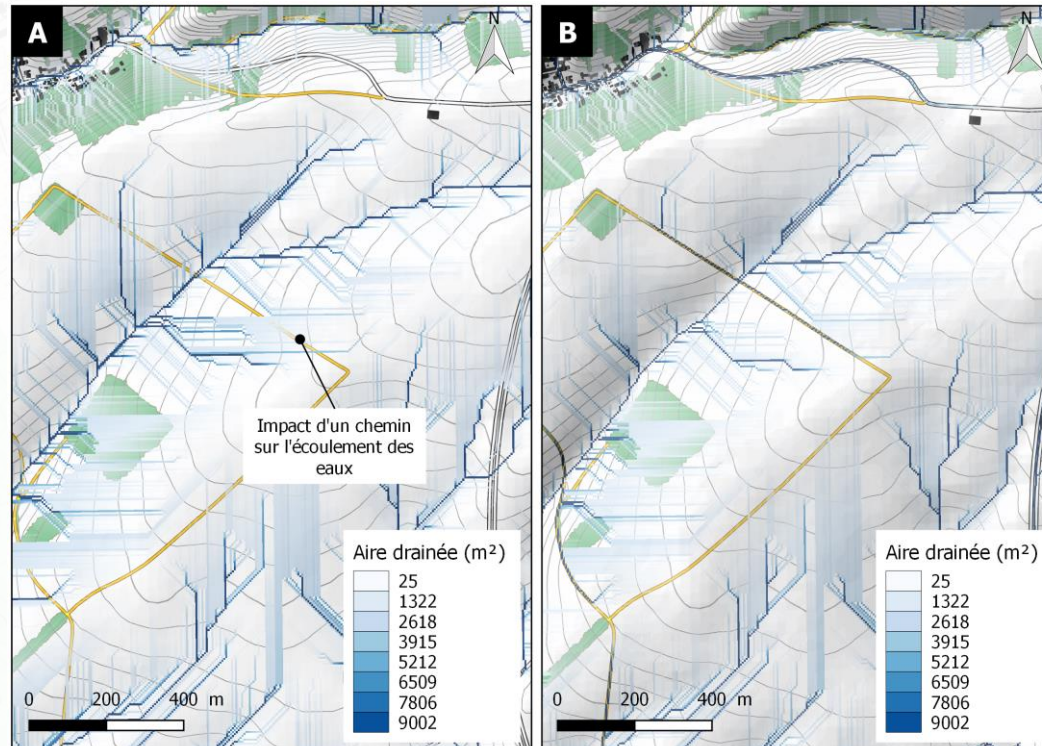
4. Modélisation

Etape 1 : Prétraitement de la topographie

- ✓ Donnée topographique utilisée : BD ALTI 5m (25m rééchantillonné à 5m)
- ✓ Objectif : modifier la topographie de façon à reproduire un écoulement des eaux de ruissellement selon les axes décrit sur le terrain

Sans correction

Avec correction



4. Modélisation

Etape 2 : Paramétrisation

- ✓ Donnée utilisée : Registre Parcellaire Graphique, BD TOPO, THEAI (Occupation des sols) et la carte géologique (Sol)
- ✓ Objectif : affecter à chaque parcelle agricole des propriétés hydrodynamiques et érosives en fonction de la date de la simulation, des pratiques culturales et du type de sol

Exemple : une parcelle de blé au mois de décembre



Caractérisation de l'état de surface du sol :

- ✓ Couvert végétal : faible (entre 0 et 20%)
- ✓ Faciès sédimentaire : 1^{er} stage de fragmentation
- ✓ Rugosité : faible (entre 2 et 5 cm)
- ✓ Texture : limono-argileuse

Tables de conversion

Propriétés hydrodynamiques

- ✓ Capacité d'infiltration (mm/h)
- ✓ Imbibition (mm)
- ✓ Réserve utilise (mm)

Propriétés érosives

- ✓ Quantité de terre détachée des agrégats sous l'action de la pluie
- ✓ Cohésion du sol

4. Modélisation

Etape 3 : Définition des scénarios

- ✓ Donnée météorologiques : pluies statistiques de Météo-France au poste de Jaméricourt pour une durée de 1h

Durée de retour	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Cumul pluviométrique (mm)	24.6	28.7	34.2	38.6
Intensité maximale à 6 min (mm/h)	>40	>40	>40	>40
Antécédent pluvieux sur 48h (mm)	0	0	0	0

4. Modélisation

Etape 3 : Définition des scénarios

Volet 1 : Aléa ruissellement et coulée de boue :

- ✓ Un orage violent d'une durée de 1h, de période de retour 100 ans, intervenant sur sol sec au mois de juillet,
- ✓ Des cultures seulement représentées par des cultures d'hiver (blé)

Volet 2 : Mise en place d'aménagements et mesure de l'impact

- ✓ Des orages, de période de retour 10 ans, 20 ans, 50 ans et 100 ans, intervenant sur sol sec au mois de juillet
- ✓ Scénario 1 : Occupation des sols actuelle (2014)
- ✓ Scénario 2 : Occupation des sols actuelle (2014) + Aménagements d'hydraulique douce (court terme)
- ✓ Scénario 3 : Occupation des sols actuelle (2014) + Aménagements d'hydraulique douce + Amélioration des pratiques culturales (long terme)

5. Aléa ruissellement et coulée de boue

Quelques rappels...

Aléa Erosion des sols :

- ✓ Caractérise la quantité de terre produite sous l'action des gouttes de pluie et des caractéristiques intrinsèques de la parcelle agricole (couvert végétal, texture, pente locale, etc.) ;
- ✓ **Phénomène diffus** sur l'ensemble du bassin versant

Aléa Ruissellement et coulées de boue :

- ✓ Caractérise l'occurrence d'un phénomène de coulée de boue observable principalement dans les fonds des talwegs
- ✓ **Phénomène concentré** sur les axes de ruissellement

Méthode proposée :

L'aléa ruissellement et l'aléa coulées de boue sont analysés de manière distincte :

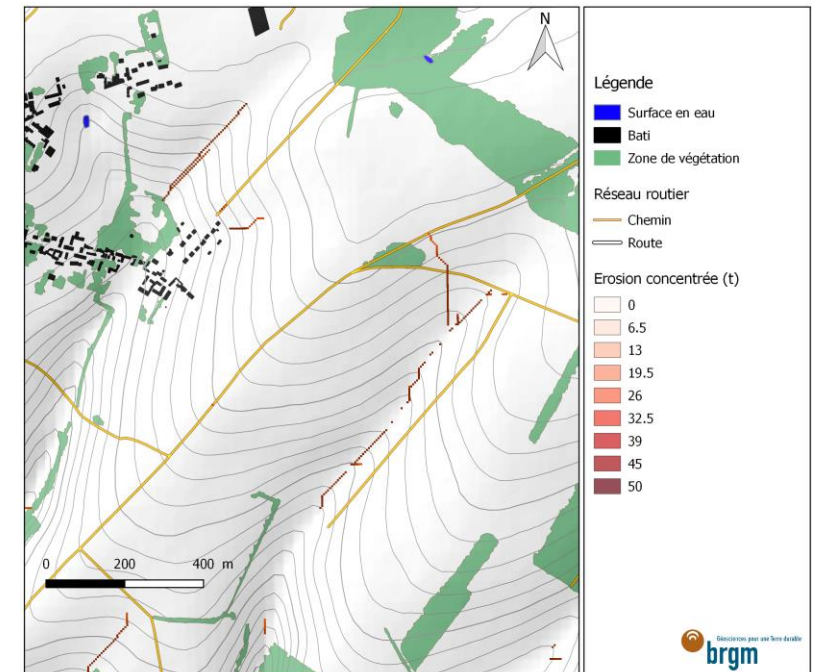
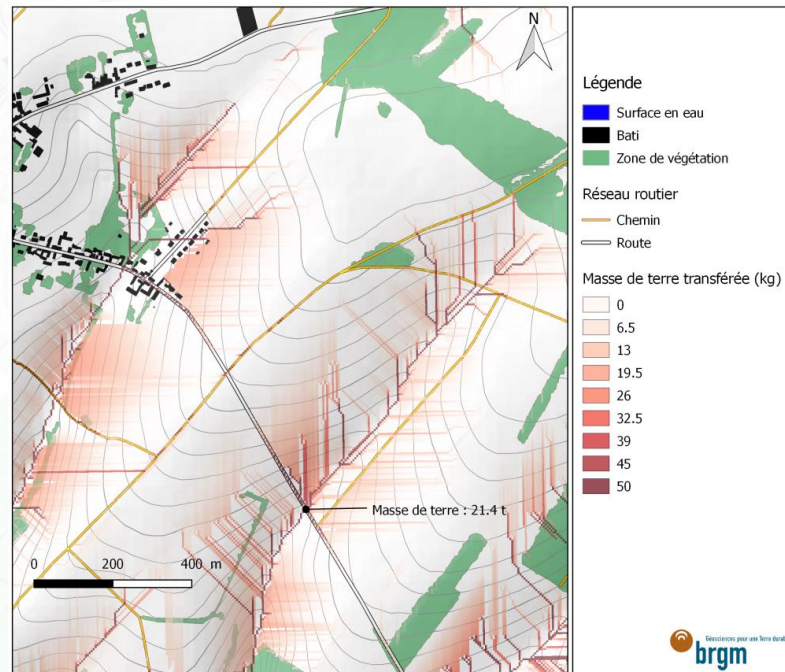
- ✓ Coulée de boue : analyse du transport solide et de la pente locale
- ✓ Ruissellement : détermination de l'enveloppe d'inondation

5. Aléa ruissellement et coulée de boue

Aléa coulée de boue

Données utilisées : 2 cartes en sortie du modèle WaterSed :

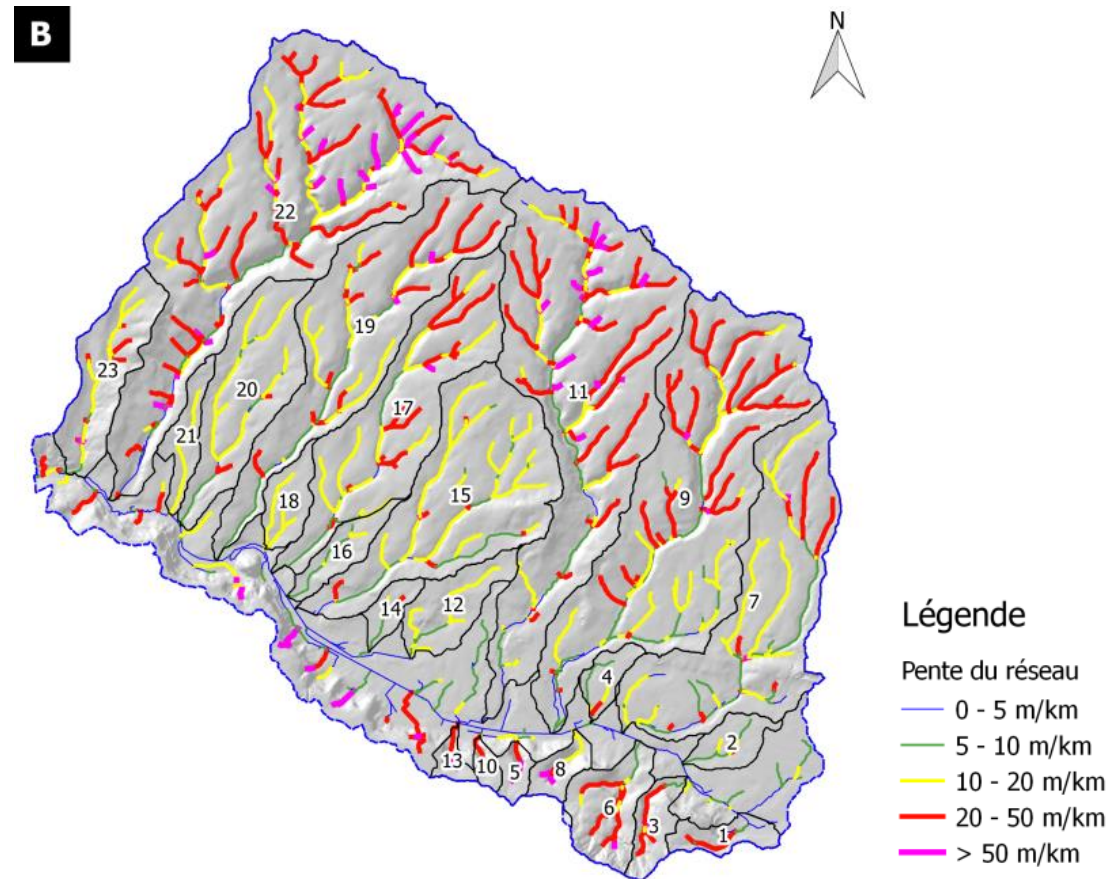
- ✓ La masse de terre transférée (t) : masse totale de terre transférée par le ruissellement provenant d'un bassin versant amont. Elle somme l'érosion diffuse et l'érosion concentrée.
- ✓ L'érosion concentrée (t) : masse de terre érodée localement par arrachement, sous l'action de l'écoulement des eaux de ruissellement



5. Aléa ruissellement et coulée de boue

Aléa coulée de boue

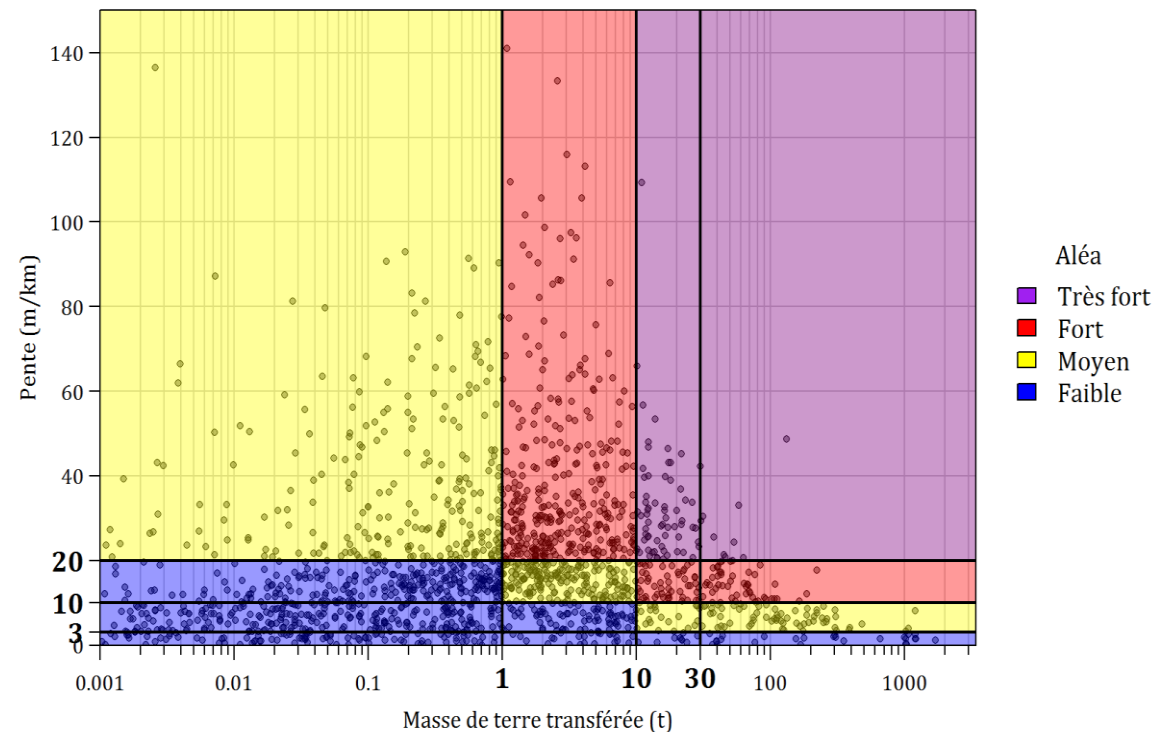
Données utilisées : 2 cartes en sortie du modèle WaterSed + 1 carte des pentes des axes de ruissellement



5. Aléa ruissellement et coulée de boue

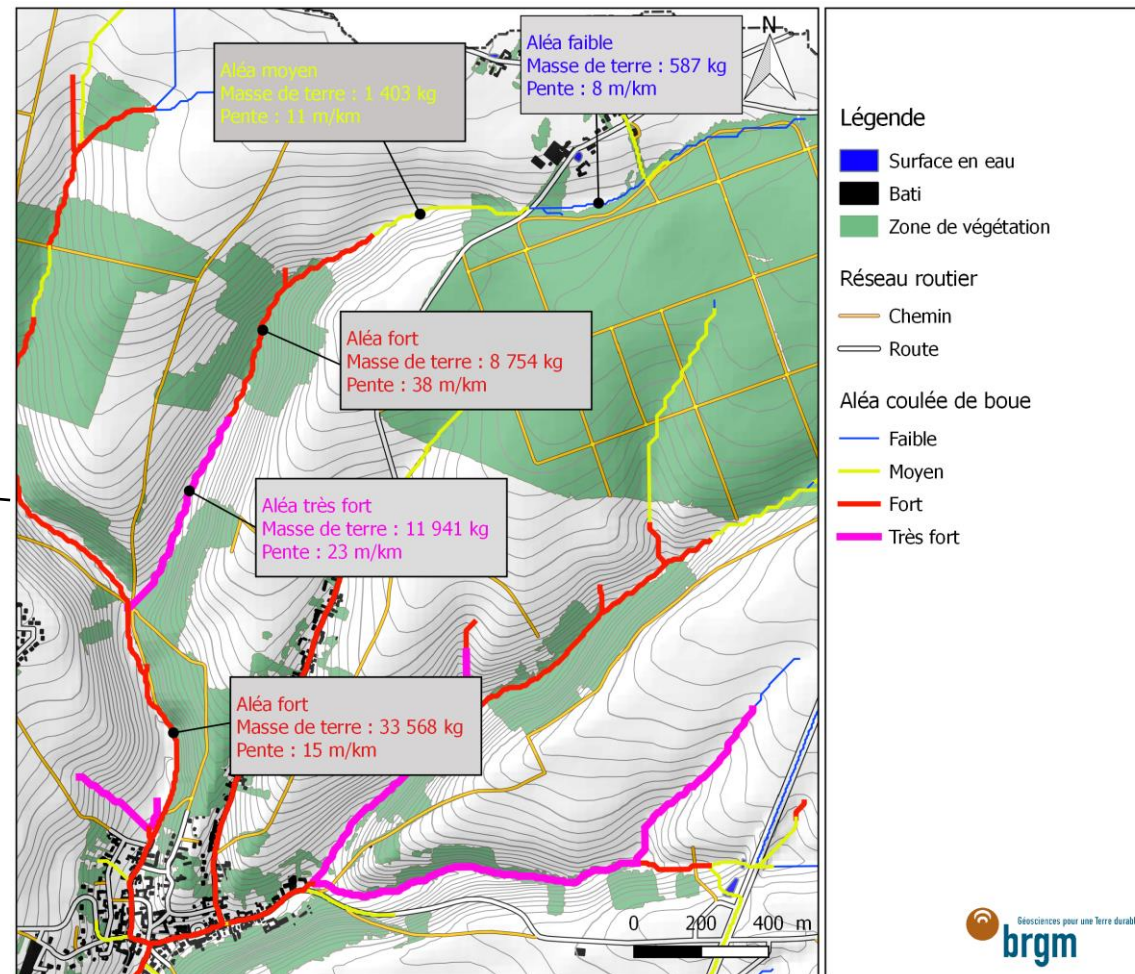
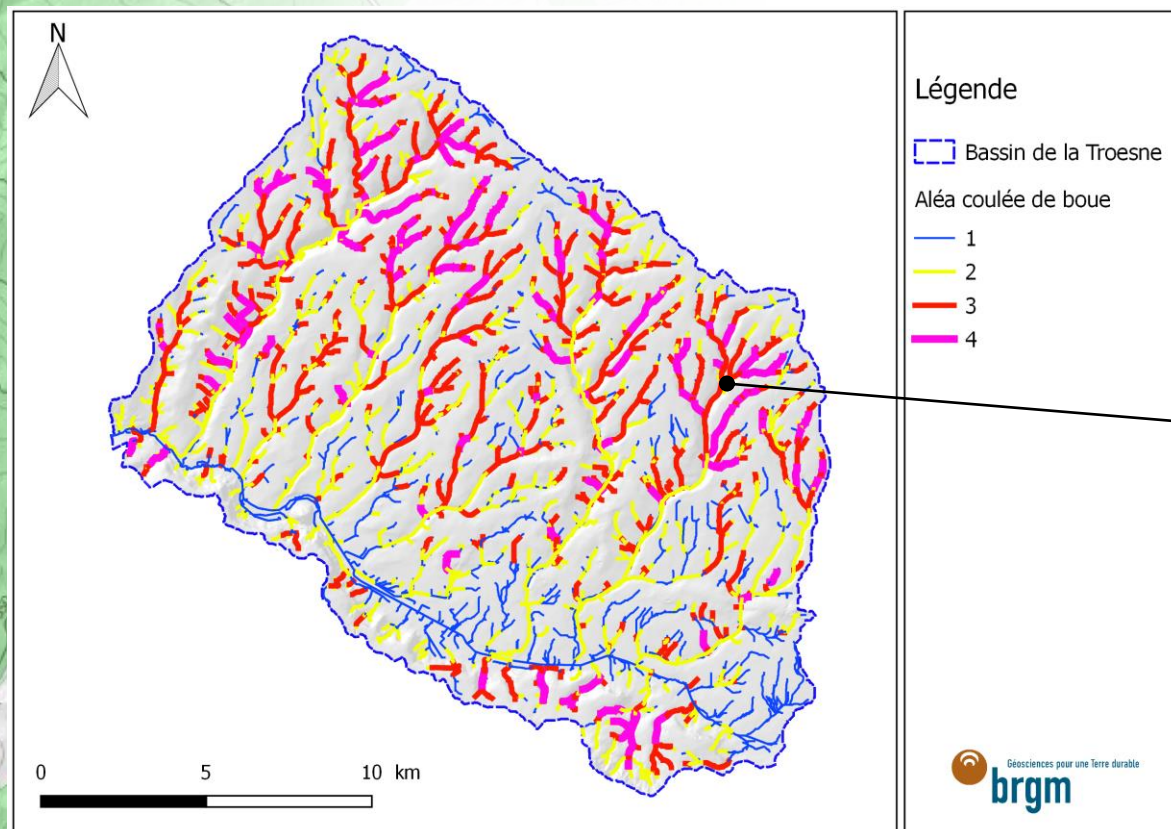
Aléa coulée de boue

- ✓ Division du réseau d'axe de ruissellement en 3 991 tronçons d'aire drainée identique : 10 – 20 ha, 20 – 30 ha, etc),
- ✓ Extraction de la masse de terre érodée, de l'érosion concentrée et de la pente par tronçon
- ✓ Elaboration d'un système de reclassification adapté au contexte de l'étude et permettant de déduire l'aléa coulée de boue

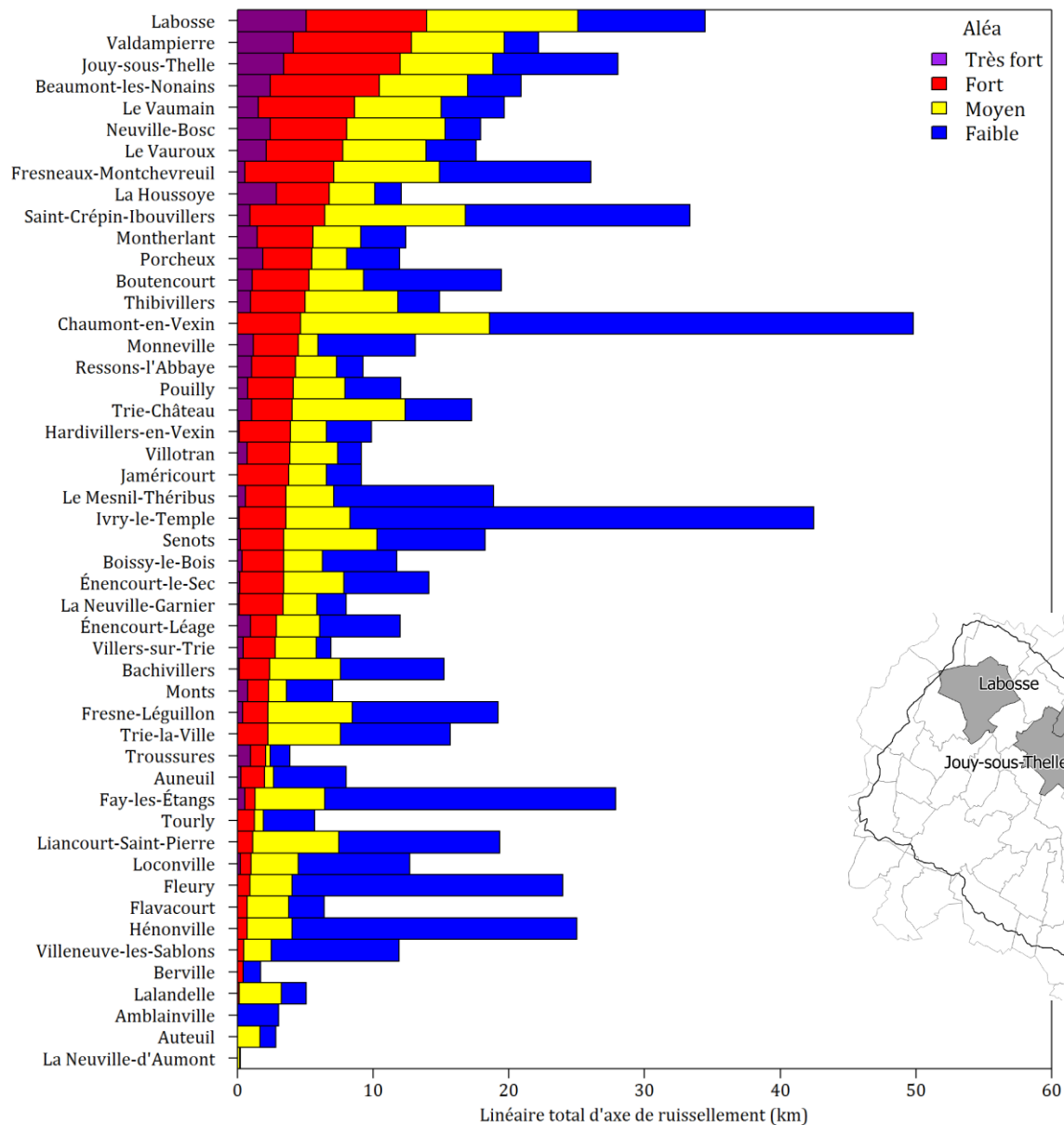


5. Aléa ruissellement et coulée de boue

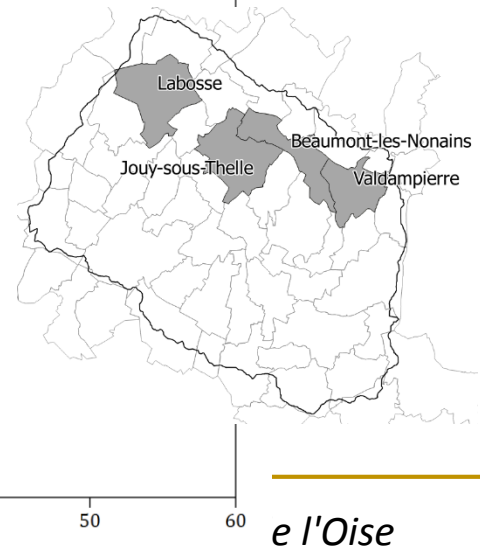
Cartographie de l'aléa coulée de boue sur le bassin de la Troesne



5. Aléa ruissellement et coulée de boue



Distribution du linéaire total d'axe de ruissellement par commune avec une distinction de l'aléa coulée de boue sur le linéaire de chaque commune

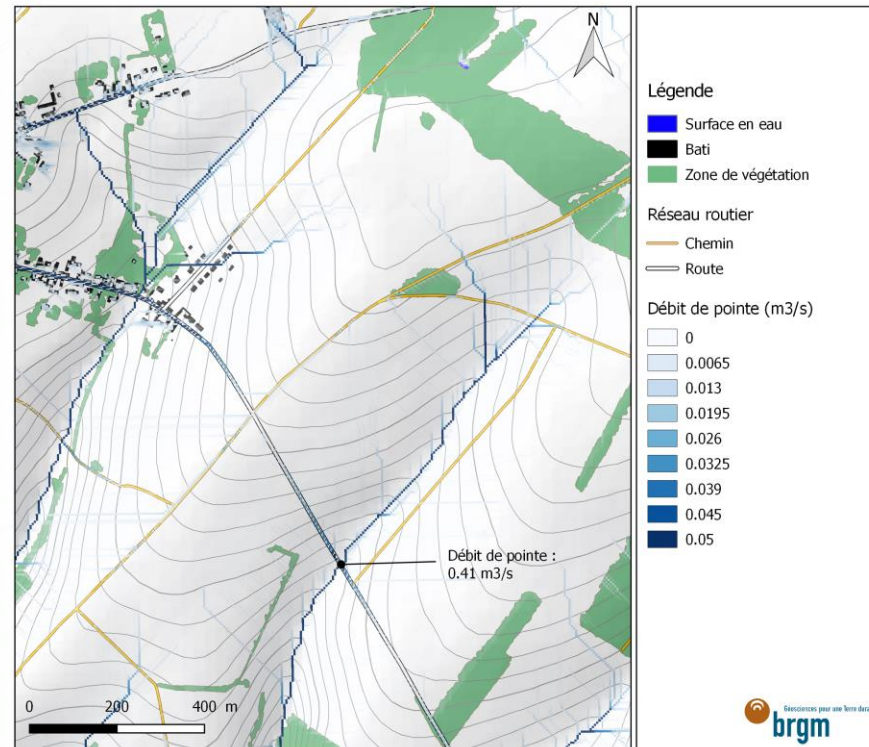


5. Aléa ruissellement et coulée de boue

Aléa ruissellement

Données utilisées : 2 cartes en sortie du modèle WaterSed :

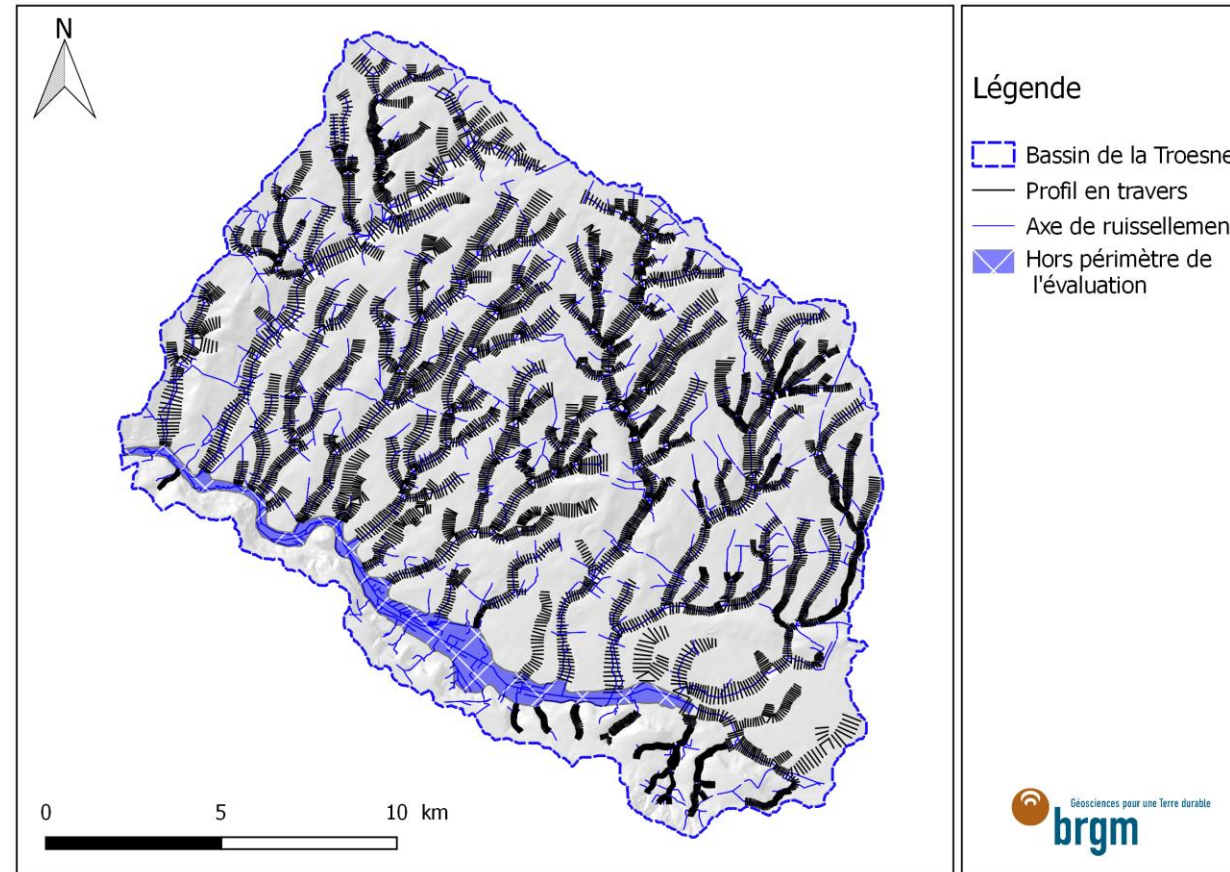
- ✓ Le débit de pointe (m^3/s) : débit de pointe de l'hydrogramme de crue. Dans le modèle, l'hydrogramme est approximée sous forme triangulaire,
- ✓ La vitesse (m/s) : vitesse de l'écoulement des eaux de ruissellement au droit de la maille.



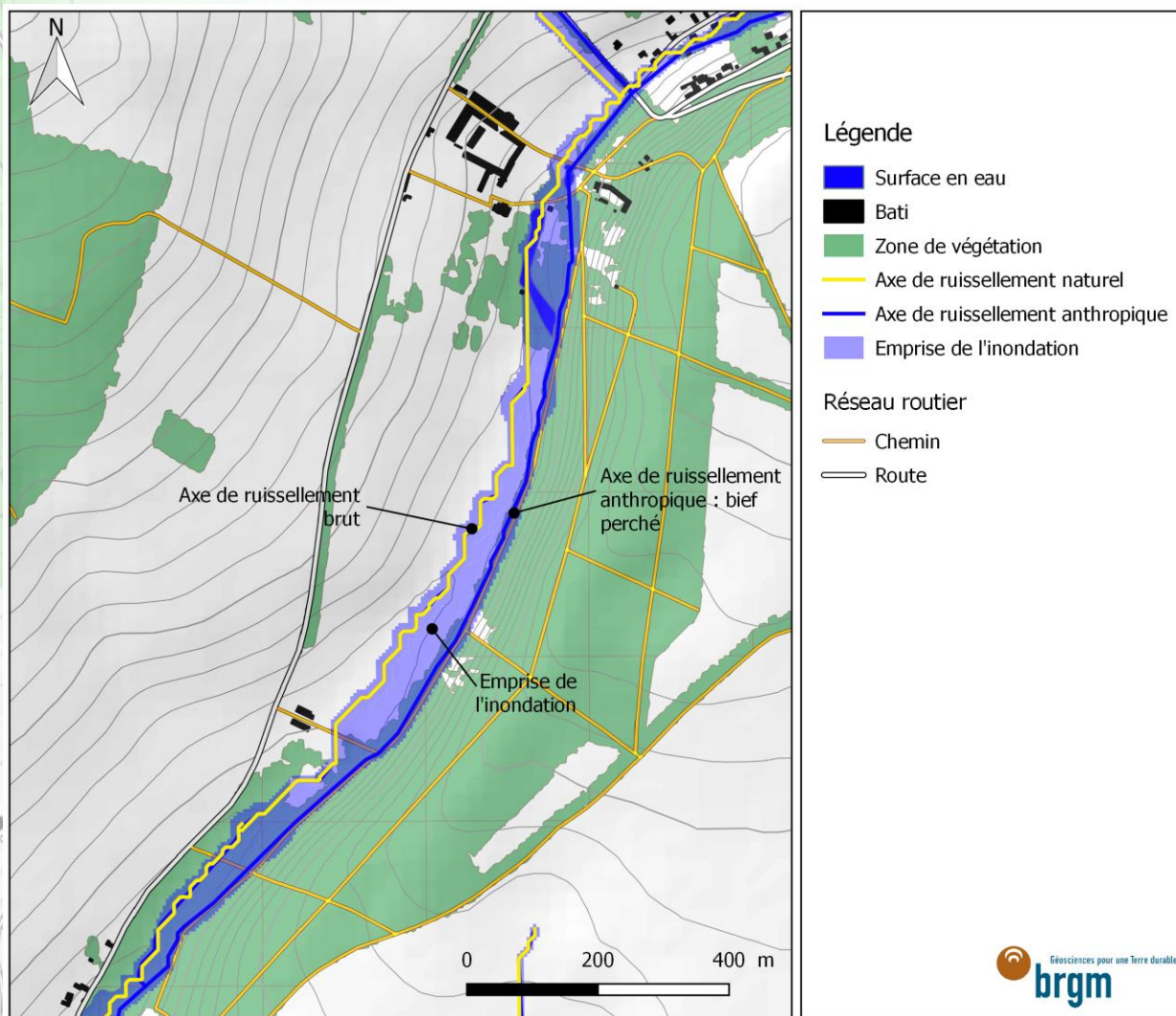
5. Aléa ruissellement et coulée de boue

Aléa ruissellement

Données utilisées : 2 cartes en sortie du modèle WaterSed + 4 907 profils en travers (environ 1 profil tous les 60m avec une densité adaptée à la topographie locale)



5. Aléa ruissellement et coulée de boue

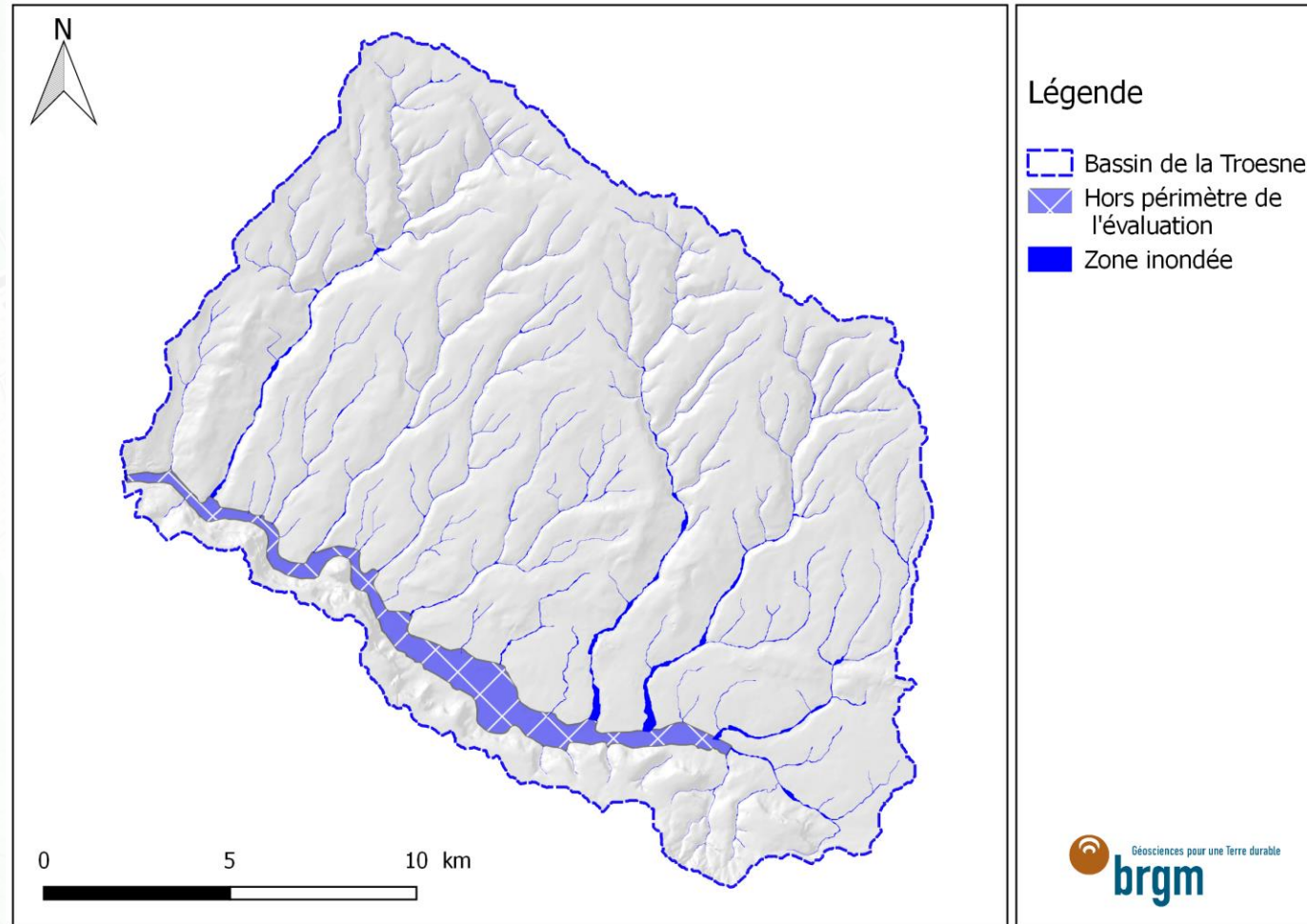


Aléa ruissellement : définition de l'enveloppe d'inondation

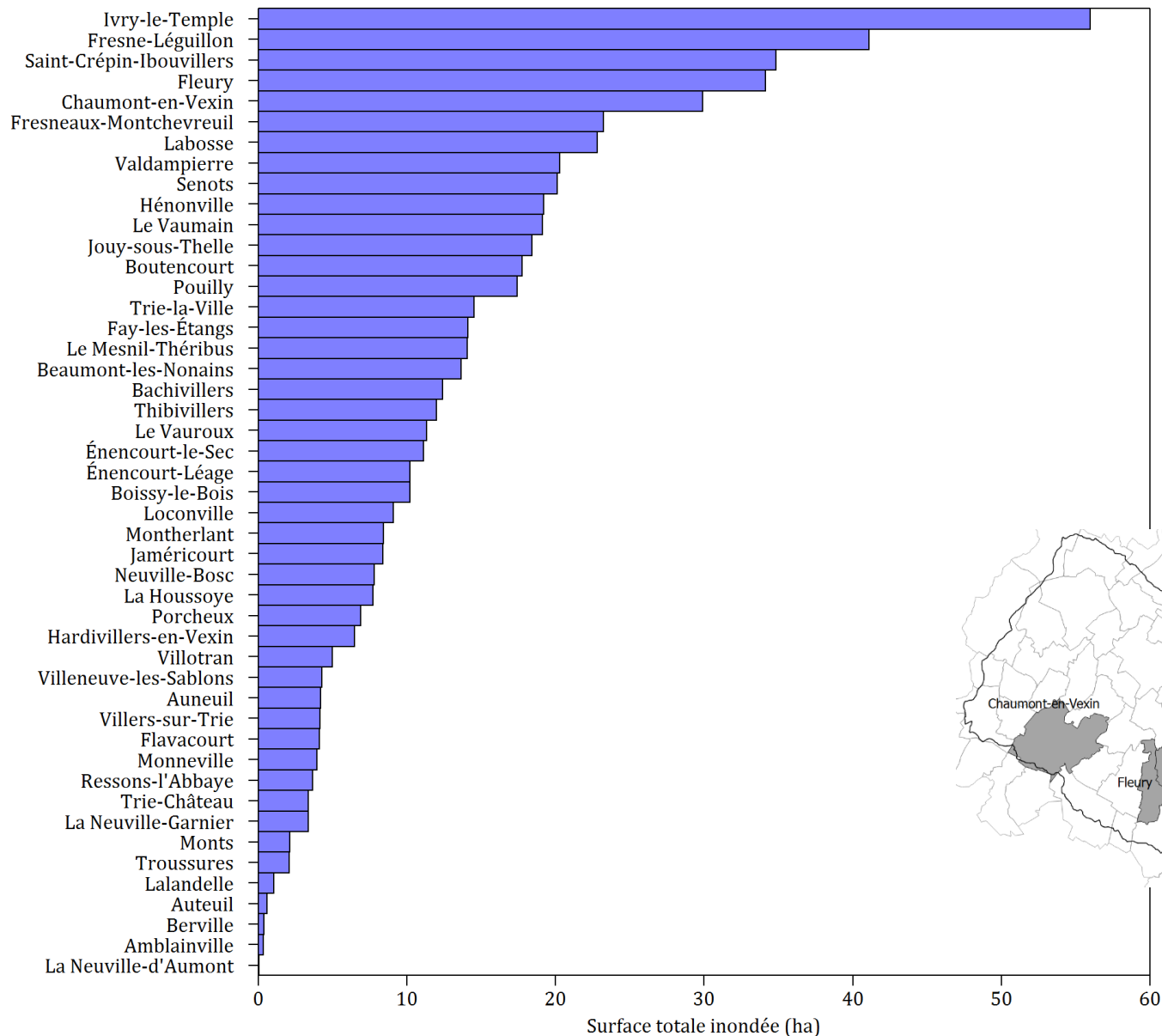
- ✓ Détermination de la hauteur d'eau et de la largeur d'écoulement connaissant la morphologie de la section, le débit de pointe et la vitesse des eaux de ruissellement
- ✓ Réalisation d'un tampon pour chaque tronçon connaissant la largeur d'écoulement
- ✓ Sur-élargissement de l'enveloppe d'inondation pour les tronçons perchés par rapport au fond de talweg (biefs, fossés, etc.).
- ✓ Pas de système de classification au sens PPRI (hauteur – vitesse) au vue de l'incertitude sur les données topographiques utilisées (BD ALTI 5m)
- ✓ Attention : enveloppe d'inondation pour un évènement de pluie donné et une occupation des sols donnée !

5. Aléa ruissellement et coulée de boue

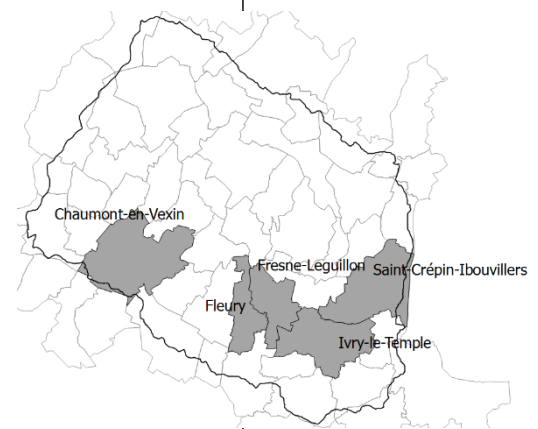
Cartographie de l'aléa ruissellement sur le bassin de la Troesne



5. Aléa ruissellement et coulée de boue



Surface totale inondée par commune pour une pluie de 1h de période de retour 100 ans



6. Inventaire et hiérarchisation des enjeux

Enjeux

Données utilisées : BD TOPO (bâti + routes)

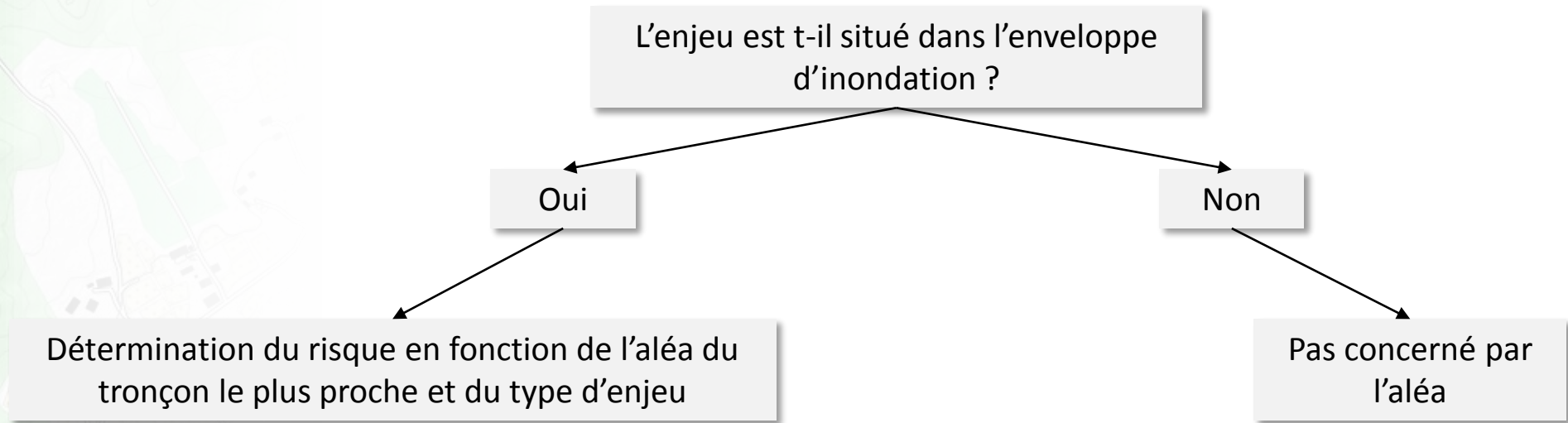
- ✓ 20 554 bâtiments représentant 0.7% de l'occupation des sols du bassin
- ✓ 1 212 km de routes et chemins
- ✓ 20 km de voies ferrées

Système de hiérarchisation expert : classé en fonction de leur importance dans la gestion d'une crise suite à des inondations et des coulées de boues

Niveau d'importance	Description
1	<ul style="list-style-type: none">▪ Chemins agricoles, pistes, sentiers
2	<ul style="list-style-type: none">▪ Routes et voies ferrées
3	<ul style="list-style-type: none">▪ Habitations privées▪ Bâtiments industriels, commerciaux et agricoles▪ Bâtiments administratifs : palais de justice, bureau de poste, etc.▪ Bâtiments ou site lié à la culture, aux loisirs, au sport et à l'enseignement : camping, musée, terrain de sport, écoles, etc.▪ Monuments historiques : église, château, cimetière, etc.▪ Infrastructures de réseau d'eau et d'électricité : station de pompage, usine de traitement des eaux, poste de transformation, etc.
4	<ul style="list-style-type: none">▪ Bâtiments publics, administratifs et de santé indispensables à la gestion de la crise : mairie, caserne de pompier, gendarmerie, préfecture, sous-préfecture, hôtel de police, hôpital

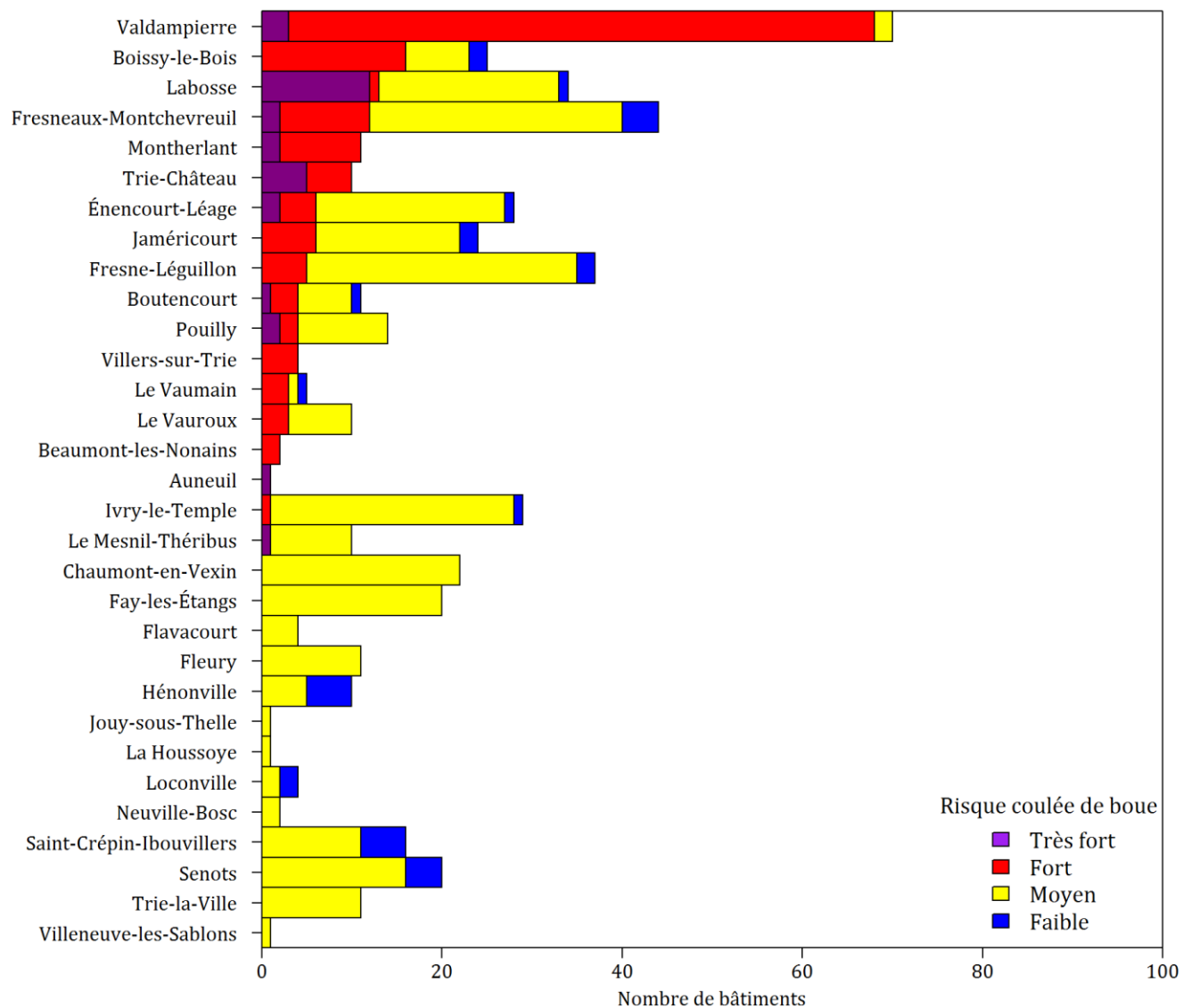
7. Evaluation du risque ruissellement et coulée de boue

Clef de détermination du risque pour chaque enjeu



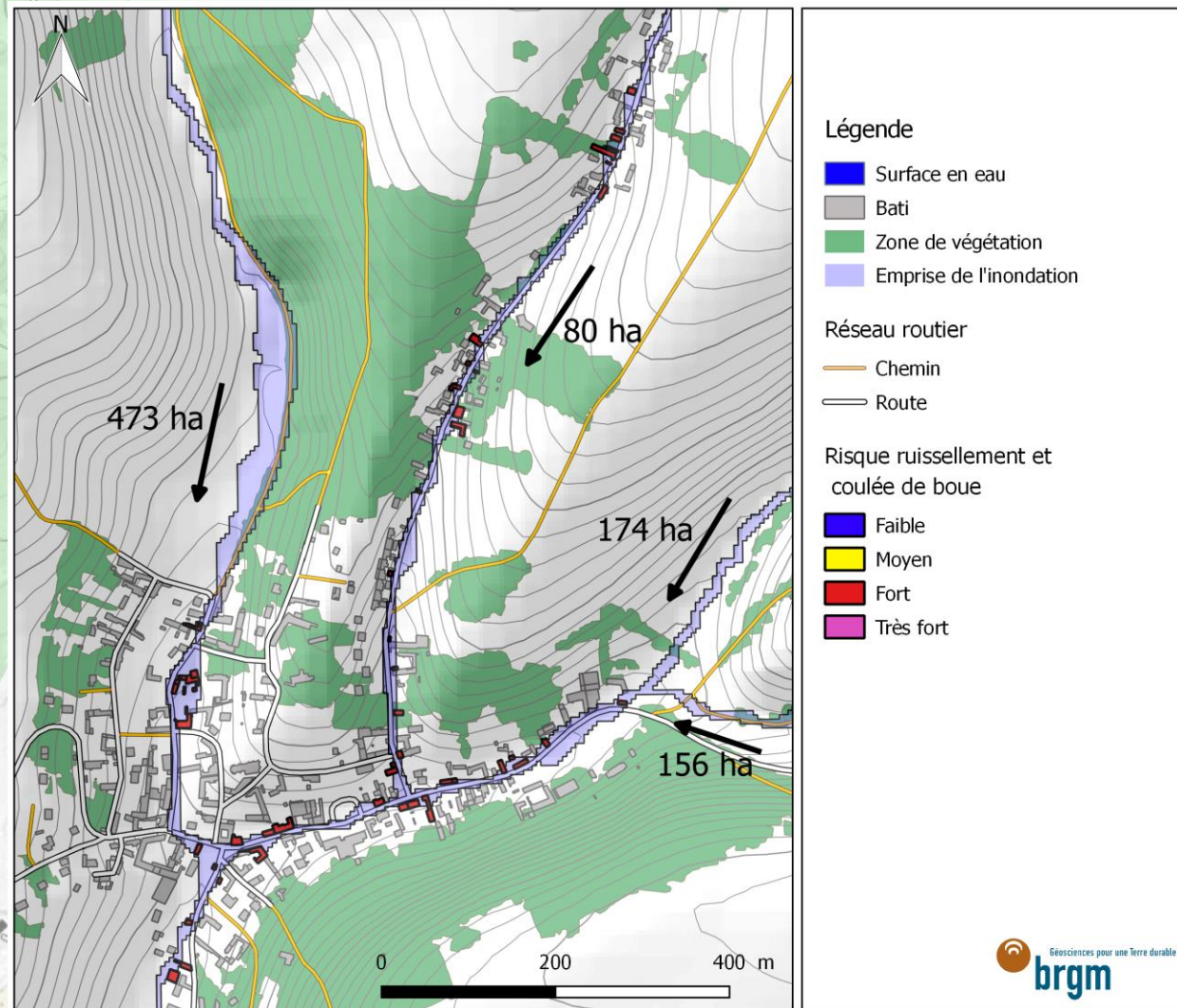
Aléa	Enjeu			
	1	2	3	4
1	Faible	Faible	Faible	Moyen
2	Faible	Faible	Moyen	Fort
3	Faible	Moyen	Fort	Très fort
4	Moyen	Fort	Très fort	Très fort

7. Evaluation du risque ruissellement et coulée de boue



Nombre total de bâtiments par commune classé suivant le risque de ruissellement et de coulée de boue.

7. Evaluation du risque ruissellement et coulée de boue



Emprise de l'inondation suite à une pluie de 1h (période de retour 100 ans) et risque ruissellement et coulée de boue sur les enjeux bâti au niveau du bourg de Valdampierre

8. Proposition de mesures

Deux scénarios d'aménagements sont proposés avec une mesure de l'impact en comparant le ruissellement et l'érosion des sols par rapport à la situation actuelle :

- ✓ Scénario 1 : Occupation des sols actuelle (2014)
- ✓ **Scénario 2** : Occupation des sols actuelle (2014) + **Aménagements d'hydraulique douce** (court terme)
- ✓ **Scénario 3** : Occupation des sols actuelle (2014) + **Aménagements d'hydraulique douce + Amélioration des pratiques culturales** (long terme)

Ces scénarios sont testés pour des pluies d'une durée de 1h et pour des périodes de retour de 10 ans, 20 ans, 50 ans et 100 ans.

8. Proposition de mesures

Description du Scénario 2 : aménagements d'hydraulique douce

Règles de positionnement des aménagements:

- ✓ Un positionnement aux limites des parcelles agricoles afin d'éviter de gêner le travail de l'agriculteur,
- ✓ Un bassin versant agricole amont compris entre 2ha et 50ha. Au-delà de ce seuil déjà élevé, le risque est une destruction de l'ouvrage en raison de débits trop importants en cas d'évènements pluviométrique majeur,
- ✓ Une pente locale supérieure à 2%

Choix du type d'aménagement : fascine exclusivement ; le choix du type d'aménagement implique une concertation avec les agriculteurs et l'ensemble des parties prenantes

Caractéristiques du scénario :

- ✓ 241 fascines pour un linéaire total de 13 170 m (cout de 31.5 € H.T. par hectare)
- ✓ Densité de fascine de 0.80 fascine / km²

8. Proposition de mesures

Description du Scénario 3 : aménagements d'hydraulique douce + amélioration des pratiques culturales

Cas fictif où l'amélioration des pratiques culturales augmente la capacité d'infiltration du sol

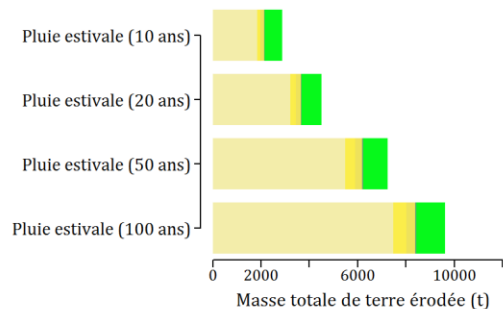
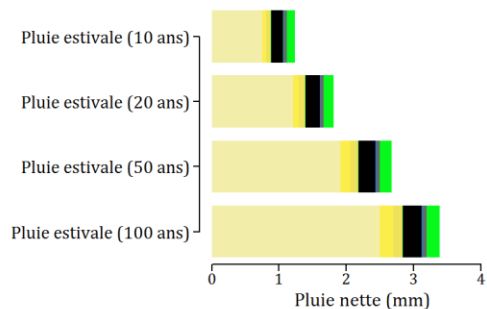
Texture	Culture	Etat de surface du sol	Sans amélioration	Avec amélioration	Différence (%)
			Capacité d'infiltration (mm/h)	Capacité d'infiltration (mm/h)	
Limoneuse	Hiver	C3-F2-R0-S1	5	10	+100%
Limoneuse	Printemps précoce	C3-F2-R0-S1	5	10	+100%
Limoneuse	Printemps tardive	C2-F2-R0-S1	2	5	+150%
Limono-argileuse	Hiver	C3-F12-R1-S2	5	10	+100%
Limono-argileuse	Printemps précoce	C3-F12-R1-S2	5	10	+100%
Limono-argileuse	Printemps tardive	C2-F1-R2-S2	10	15	+50%
Limono-sableuse	Hiver	C3-F12-R0-S3	15	20	+25%
Limono-sableuse	Printemps précoce	C3-F12-R0-S3	15	20	+25%
Limono-sableuse	Printemps tardive	C2-F12-R1-S3	15	20	+25%

Mesure de l'impact des scénarios :

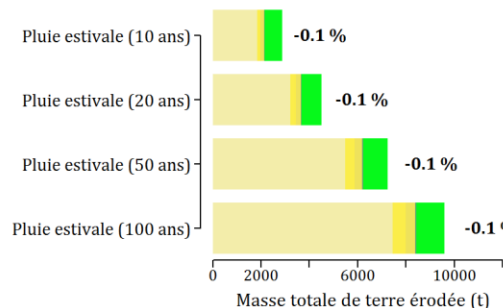
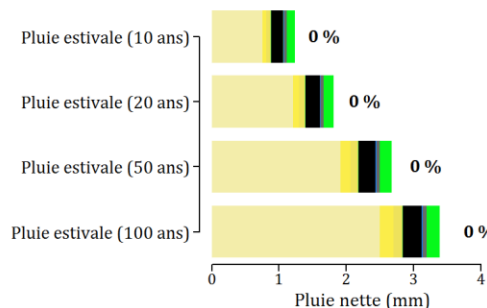
35 points de contrôle réparti au niveau des enjeux les plus exposés à l'aléa ruissellement et coulée de boue

8. Proposition de mesures

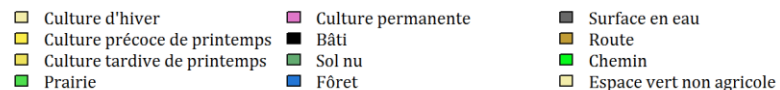
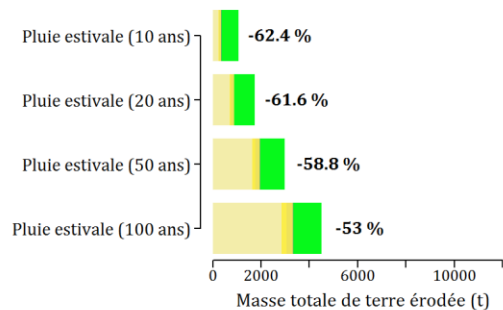
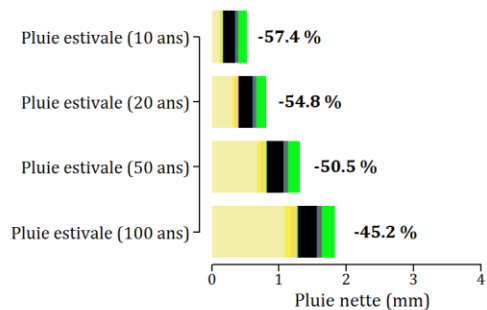
Scénario 1 : Situation actuelle



Scénario 2 : Hydraulique douce



Scénario 3 : Hydraulique douce + Pratique culturale



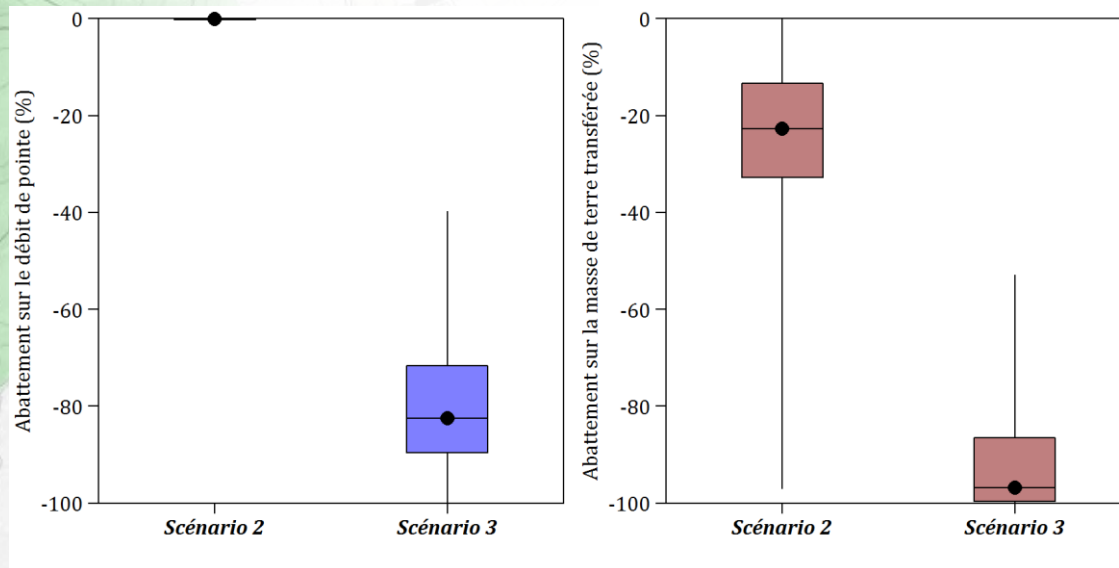
Impact sur la production de ruissellement et de d'érosion sur les parcelles agricoles

- ✓ Scénario 2 : aucun impact
- ✓ Scénario 3 : réduction de 52% en moyenne sur le ruissellement et de 59% sur l'érosion des sols

➤ Amélioration des pratiques culturales provoque un piégeage à la source de l'eau et des sédiments

8. Proposition de mesures

Distribution des abatements sur le débit de pointe et la masse de terre transférée pour les 4 événements de pluie, pour le scénario 2 et le scénario 3, par rapport au scénario 1 (référence).



Impact bénéfique du Scénario 3 le long des axes de ruissellement :

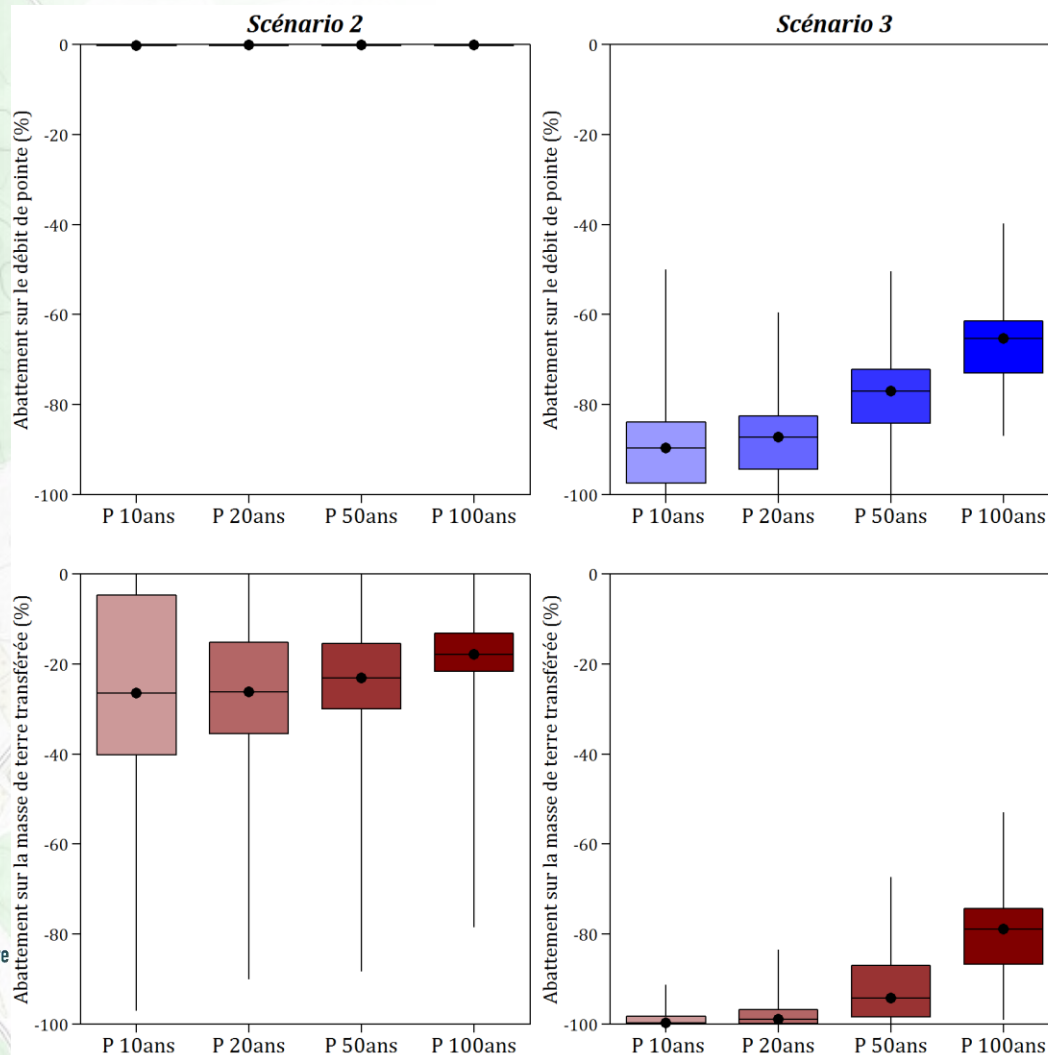
- ✓ -80% sur le débit de pointe
- ✓ -92% sur la masse de terre transférée

Impact mitigé des fascines :

- ✓ Proche de 0 sur le débit de pointe
- ✓ -24% sur la masse de terre transférée

8. Proposition de mesures

Distribution des abattements sur le débit de pointe et la masse de terre transférée par évènements de pluie et pour le scénario 2 et le scénario 3, par rapport au scénario 1 (référence).



Diminution de l'abattement sur le débit de pointe et la charge solide avec l'augmentation du cumul pluviométrique

- ✓ Scénario 2 : -26% sur la charge solide pour une pluie de période de retour 10 ans à -18% pour une pluie de période de retour 100 ans
- ✓ Scénario 3 : entre -90% et -65% sur les débits de pointe entre un évènement de période de retour 10ans et 100 ans ; entre -100% et -79% sur les masses de terre transférées pour les mêmes évènements.

9. Livrables

Liste des livrables (x 3) :

Au format papier :

- Un rapport détaillant les données acquises ou utilisées, la méthode appliquée et les résultats obtenus pour chacune des tâches définies dans le cahier des charges,
- Un atlas cartographique au 1/10000 ème des axes de ruissellement
- Un atlas cartographique au 1/10 000 ème de l'aléa ruissellement et coulée de boue
- Un atlas cartographique au 1/10000 ème des enjeux
- Un atlas cartographique au 1/10 000 ème du risque ruissellement et coulée de boue

Sur CD-ROM :

- Les livrables cités précédemment au format pdf
- Les données SIG produites dans le cadre de l'étude