



Géosciences pour une Terre durable

brgm

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

Réunion de lancement

13/07/2017

*Direction Départementale des
Territoires de l'Oise*

Présentation du BRGM

Bureau de Recherches Géologiques et Minières : actions de recherches et d'appui aux services publics sur les risques hydrogravitaires :

- ❖ **Chutes de blocs** (éboulements montagneux; érosion des falaises)
- ❖ **Glissements de terrains** (glissements gravitaires lents; glissements coulées; coulées boueuses)
- ❖ **Erosion** (érosion de versants; mouvements de masse)
- ❖ **Retrait-Gonflement des argiles**

Comprendre, évaluer et aider à la gestion des risques :

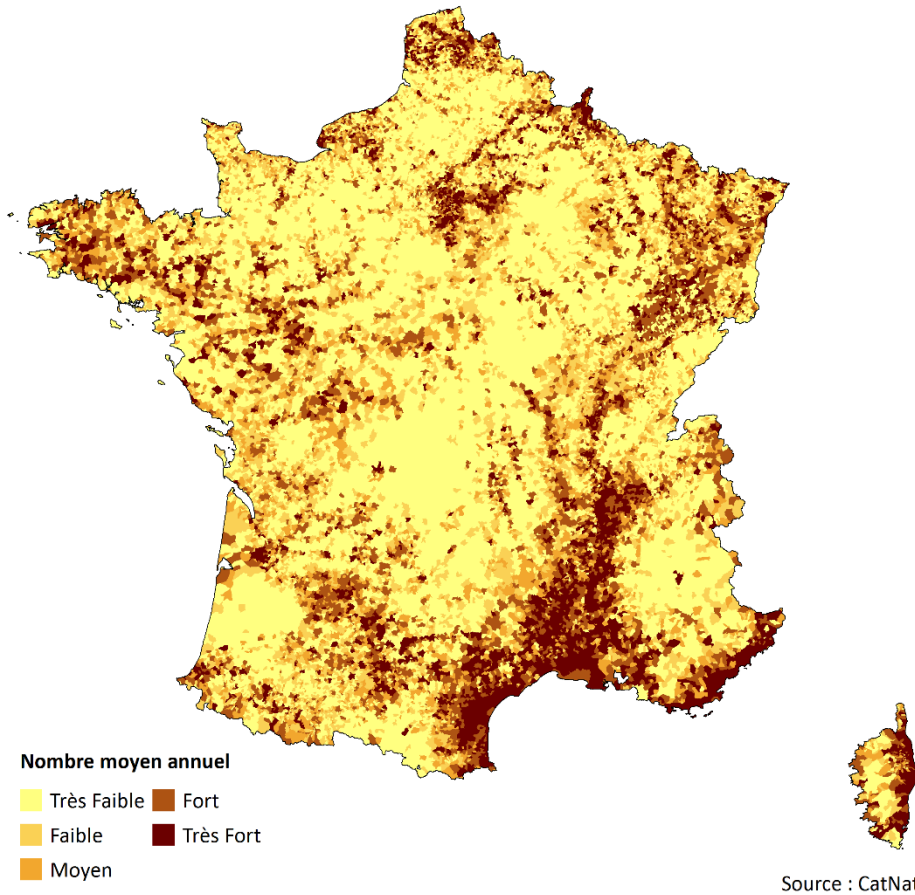
- ❖ Comprendre et analyser les processus
- ❖ Développer des méthodes de mesure in-situ et des outils de modélisation
- ❖ Aboutir à des méthodes d'évaluation de l'aléa et du risque
- ❖ Dimensionner des systèmes de surveillance

Valentin LANDEMAINE : docteur en géomorphologie

- ❖ Ingénieur risque naturel spécialisé dans la modélisation du ruissellement et de l'érosion des sols en contexte agricole

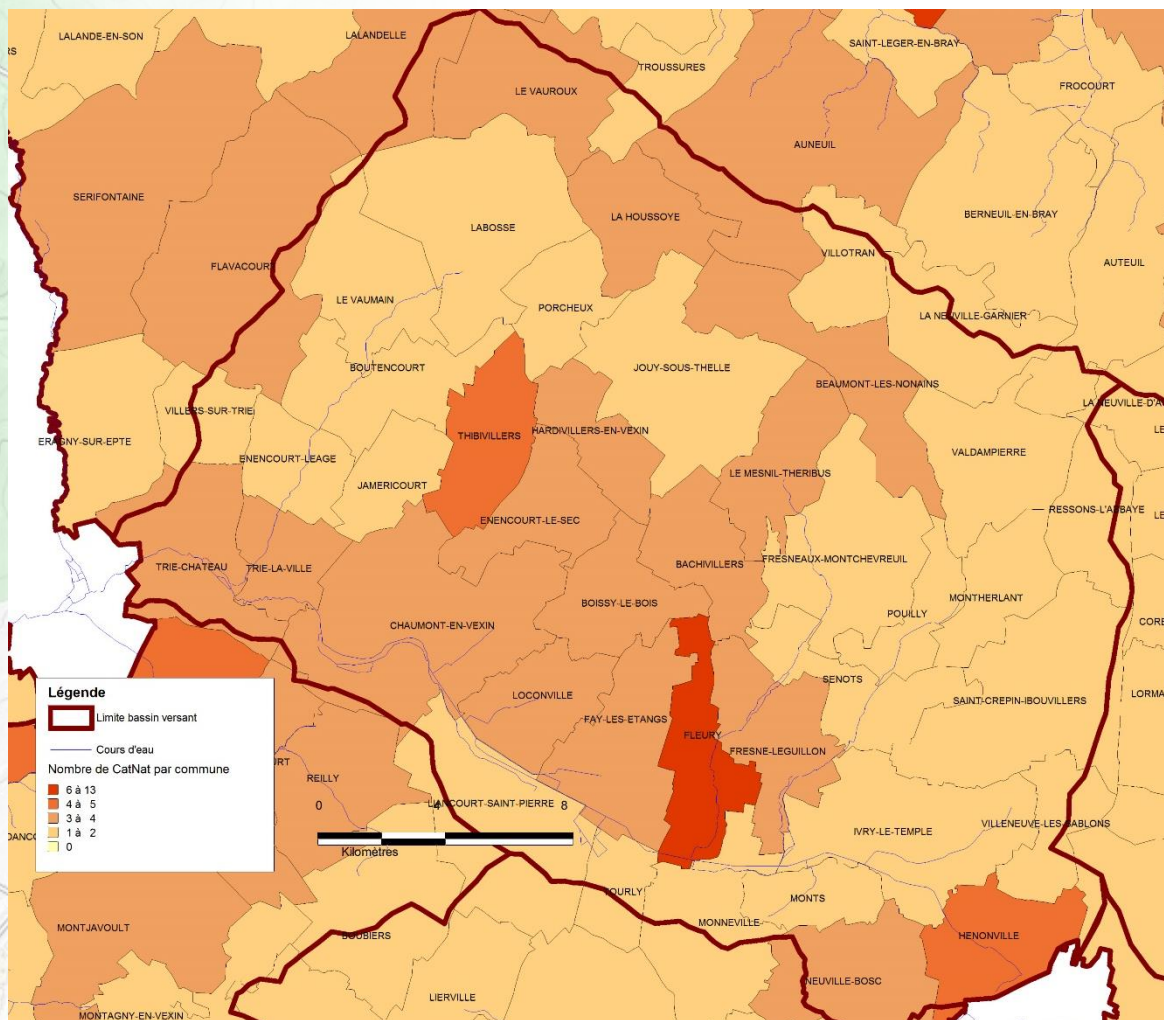
Contexte de la proposition

Nombre moyen annuel de coulées de boues et/ou d'inondations à montée rapide par commune sur la période 1982-2016



- ✓ Nombreuses régions françaises affectées par la problématique crues turbides / coulées de boues
- ✓ Le Nord de la France est une des régions les plus sensibles

Contexte de l'étude



- ✓ Nombre significatif d'arrêtés CatNat sur la période 1983 – 2016 sur le bassin de la Trosne (300 km²)

Coulée de boue à Valdempierre (09/2014) – France 3 Picardie



Contexte de l'étude



1950

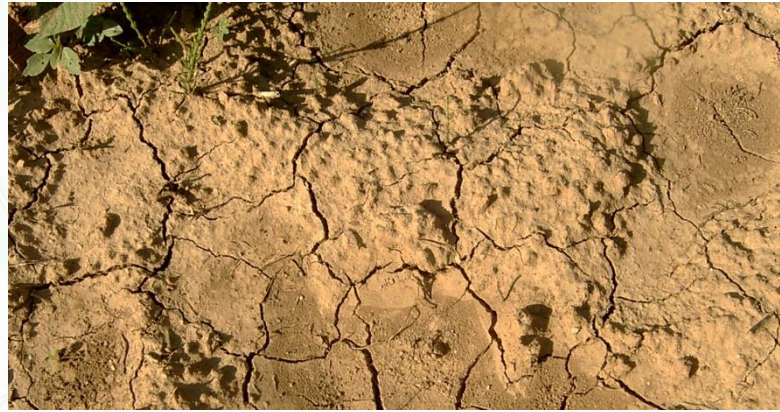


2016

De profondes mutations des paysages ruraux :

- ❖ Remembrement de parcelles agricoles par suppression des haies et talus
- ❖ Retournement de prairies
- ❖ Simplification des systèmes culturaux
- ❖ Drainage des fonds de vallée par la chenalisation des rivières
- ❖ Urbanisation des fonds de vallée

Contexte de l'étude



De profondes mutations des paysages ruraux :

- ❖ Remembrement de parcelles agricoles par suppression des haies et talus
- ❖ Retournement de prairies
- ❖ Simplification des systèmes culturaux
- ❖ Drainage des fonds de vallée par la chenalisation des rivières
- ❖ Urbanisation des fonds de vallée



Des facteurs géomorphologiques locaux propices au ruissellement et à l'érosion :

- ❖ Formations loessiques très sensibles au phénomène de battance
- ❖ Talwegs étroits à fortes pentes concentrant le ruissellement

Contexte de l'étude



De profondes mutations des paysages ruraux :

- ❖ Remembrement de parcelles agricoles par suppression des haies et talus
- ❖ Retournement de prairies
- ❖ Simplification des systèmes culturaux
- ❖ Drainage des fonds de vallée par la chenalisation des rivières
- ❖ Urbanisation des fonds de vallée

Des facteurs géomorphologiques locaux propices au ruissellement et à l'érosion :

- ❖ Formations loessiques très sensibles au phénomène de battance
- ❖ Talwegs étroits à fortes pentes concentrant le ruissellement

Des éléments linéaires favorisant les transferts:

- ❖ Routes encaissées, chemins agricoles
- ❖ Fossés

Contexte de l'étude

Un transfert accru de ruissellement et de sédiment depuis l'amont vers l'aval lors d'évènements pluviométriques intenses



➤ Impacts dommageables vers les milieux récepteurs

Objectif

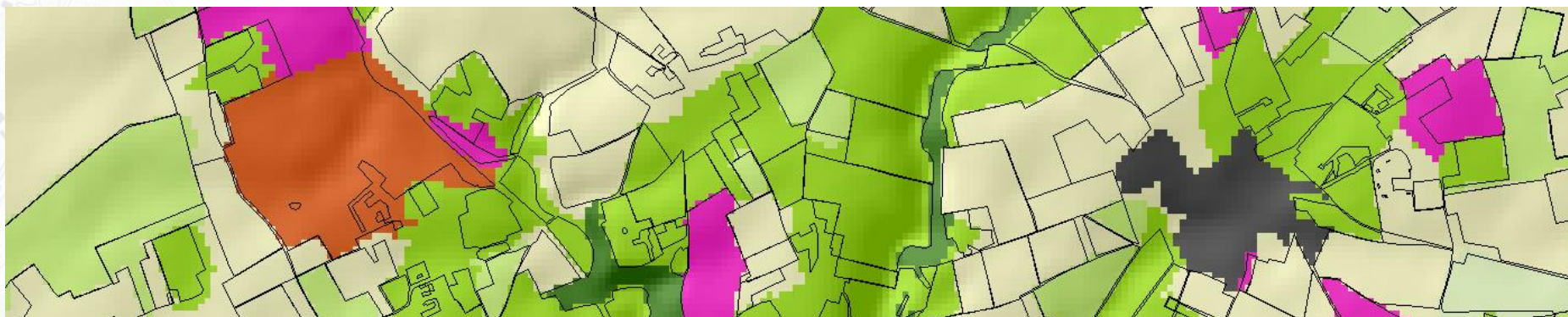
Identifier les zones de risque (talweg et exutoire) pour une intégration dans les documents de planification (PLU, CC) et définir les aménagements à réaliser pour assurer la gestion du risque coulée de boue à l'échelle du bassin versant.

- 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 en période hivernale et estivale 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

Tâche 1 : Collecte des données et expertise de terrain

Tâche 1.1. : Synthèse des données cartographiques

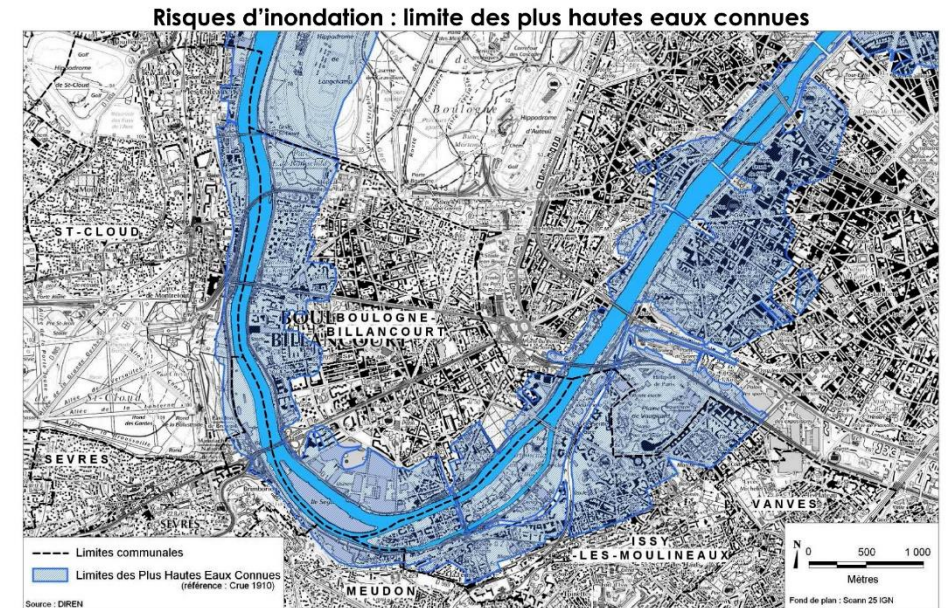
- ✓ BD ALTI 25m (IGN)
- ✓ SCAN 25 (IGN)
- ✓ BD TOPO (IGN)
- ✓ BD PARCELLAIRE (IGN)
- ✓ BD ORTHO (IGN)
- ✓ Registre Parcellaire Graphique (RPG)
- ✓ THEIA (Laboratoire CESBIOS)
- ✓ Les cartes géologiques (BRGM)
- ✓ La cartographie des sols (CA)



Tâche 1 : Collecte des données et expertise de terrain

Tâche 1.2. : Synthèse des données historiques et réglementaires

- ✓ Historique des crues (archives départementales, revue de presse, etc.)
- ✓ Arrêtés de catastrophes naturelles,
- ✓ Atlas des zones inondables,
- ✓ Documents d'urbanisme (terrains inondables, réseaux d'eaux pluviales, etc.)

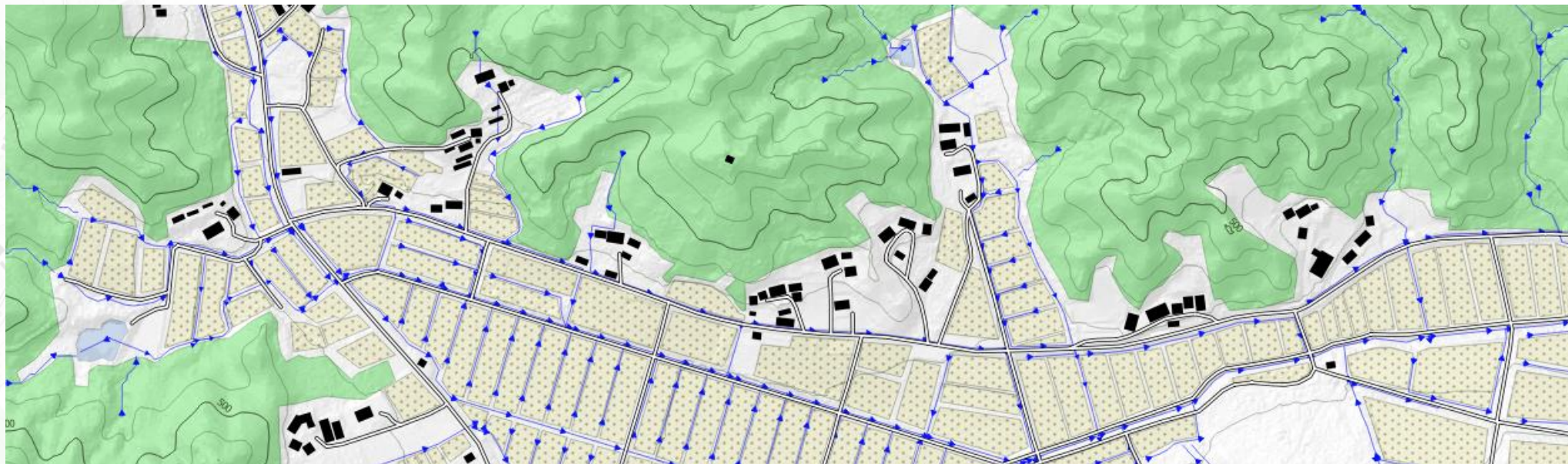


Source : DIREN – BCEOM, 2006

Tâche 1 : Collecte des données et expertise de terrain

Tâche 1.3. : Inventaires des éléments susceptibles de modifier la réponse hydrologique et sédimentaire

- ✓ Le réseau de circulation du ruissellement : caractérisation typologique et hydraulique
- ✓ Les mesures de lutte contre le ruissellement et l'érosion actuellement en place, leurs connexions avec le réseau de circulation du ruissellement et leurs géométries



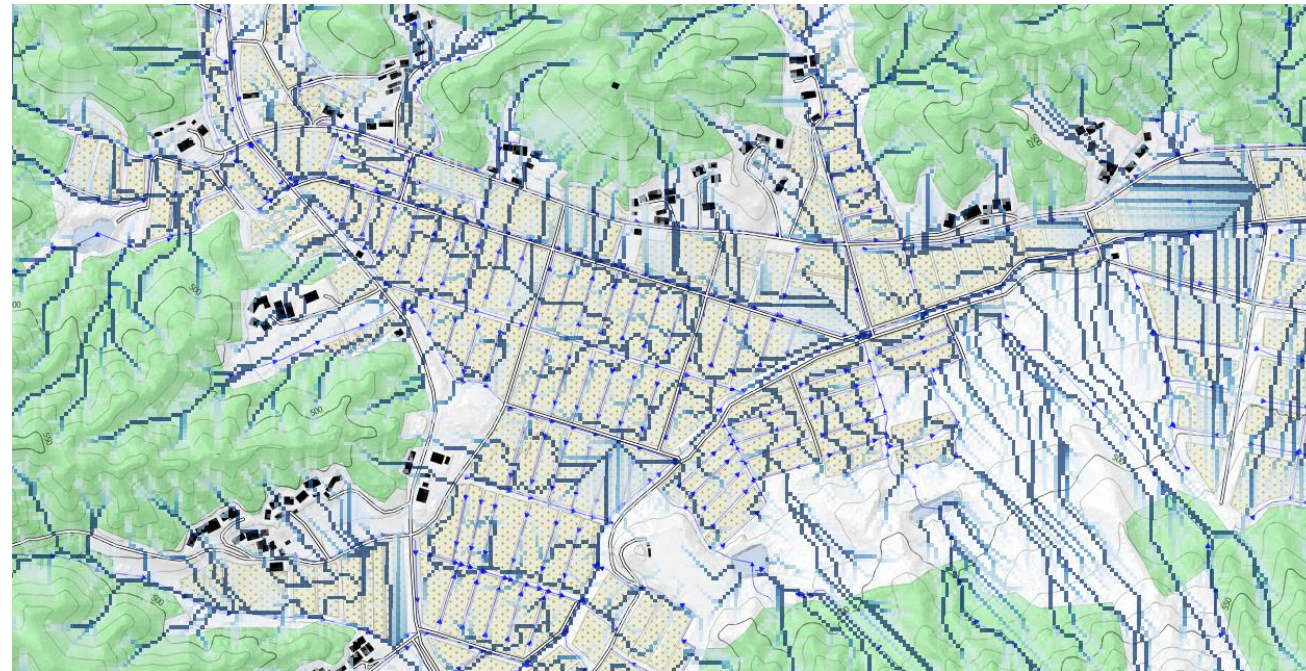
Cartographie du réseau de circulation du ruissellement (Fukushima, Japon)

Tâche 2 : Modélisation du ruissellement et de l'érosion

Tâche 2.1. : Caractérisation des conditions initiales

Tâche 2.1.1. : Intégration des axes de ruissellement

Modification du Modèle Numérique de Terrain (MNT) de manière à forcer les écoulements selon les axes de ruissellement observés sur le terrain



*Axes d'écoulement extrait selon le **MNT brut***

Tâche 2 : Modélisation du ruissellement et de l'érosion

Tâche 2.1. : Caractérisation des conditions initiales

Tâche 2.1.1. : Intégration des axes de ruissellement

Modification du Modèle Numérique de Terrain (MNT) de manière à forcer les écoulements selon les axes de ruissellement observés sur le terrain



*Axes d'écoulement extrait selon le **MNT modifié***

Tâche 2 : Modélisation du ruissellement et de l'érosion

Tâche 2.1. : Caractérisation des conditions initiales

Tâche 2.1.2. : Caractérisation de l'aléa climatique

Détermination d'évènements climatiques caractéristiques de plusieurs périodes de retour (10, 20 et 50 ans ?), et susceptibles d'engendrer des phénomènes de ruissellement et d'érosion

- ✓ Pluies hivernales d'intensité faible à moyenne, à fort cumul pluviométrique et de longue durée provoquant un ruissellement par saturation du sol,
- ✓ Pluies estivales de type orage à cumul pluviométrique moyen mais de forte intensité et de courte durée provoquant un ruissellement hortonien

Nombre d'évènements modélisés = 2 types de pluie × 3 périodes de retour

Caractéristiques des évènements (période de retour, hauteur, durée) issues des données Météo-France

Commune : 2B029 BARBAGGIO
point de grille : coordonnées géographiques Lambert2 étendu X = 11750, Y = 17680

Durées de cumul	Durées de retour					
	100 ans	50 ans	20 ans	10 ans	5 ans	2 ans
1 HEURE	70.4 mm	61.6 mm	50.4 mm	42.4 mm	34.8 mm	25.7 mm
2 HEURES	80.6 mm	71.4 mm	59.5 mm	51.0 mm	42.7 mm	32.5 mm
3 HEURES	90.7 mm	80.8 mm	68.0 mm	58.6 mm	49.6 mm	38.2 mm
4 HEURES	99.7 mm	88.9 mm	75.0 mm	64.9 mm	55.1 mm	42.8 mm
6 HEURES	116.2 mm	102.9 mm	86.7 mm	74.8 mm	63.6 mm	49.7 mm
12 HEURES	152.5 mm	133.8 mm	111.3 mm	95.9 mm	81.4 mm	63.8 mm
24 HEURES	192.0 mm	165.6 mm	135.7 mm	116.3 mm	99.1 mm	78.7 mm
48 HEURES	228.0 mm	195.3 mm	158.3 mm	136.0 mm	116.8 mm	94.4 mm
72 HEURES	243.1 mm	208.8 mm	170.9 mm	148.2 mm	128.4 mm	103.5 mm

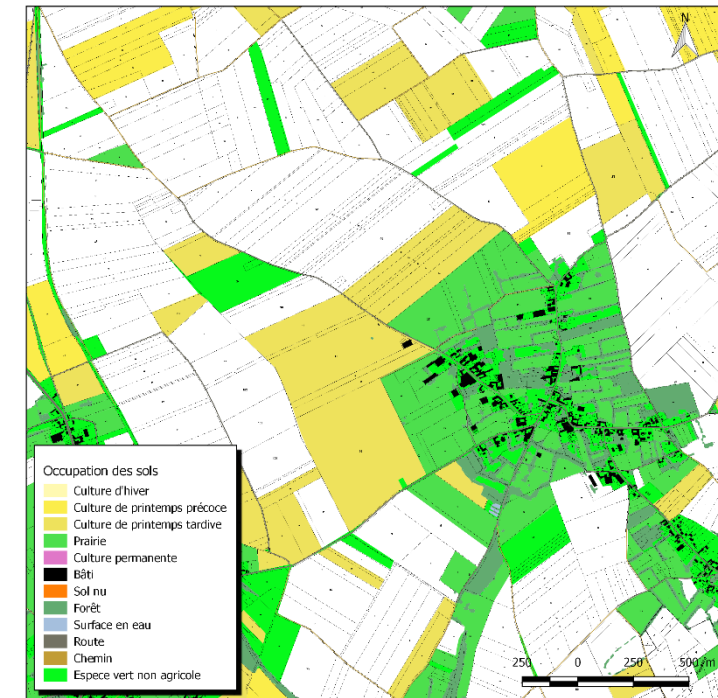
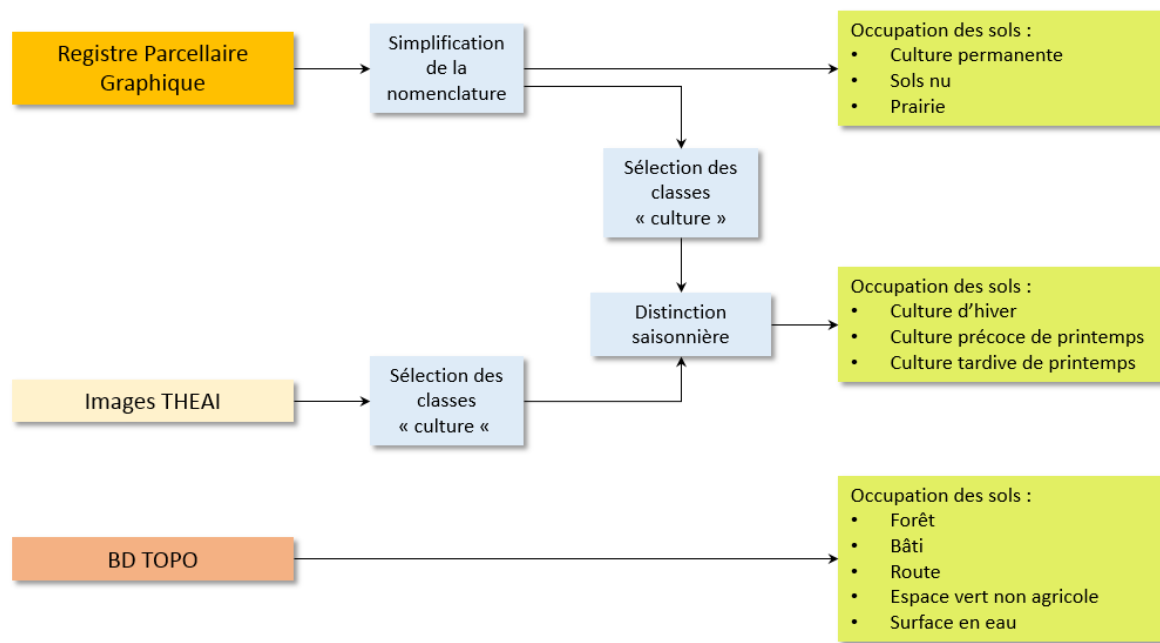


Tâche 2 : Modélisation du ruissellement et de l'érosion

Tâche 2.1. : Caractérisation des conditions initiales

Tâche 2.1.3. : L'occupation des sols

Combinaison de bases de données nationales (RPG, THEIA, BD TOPO) de manière à construire une cartographie de l'occupation des sols à une résolution cadastrale

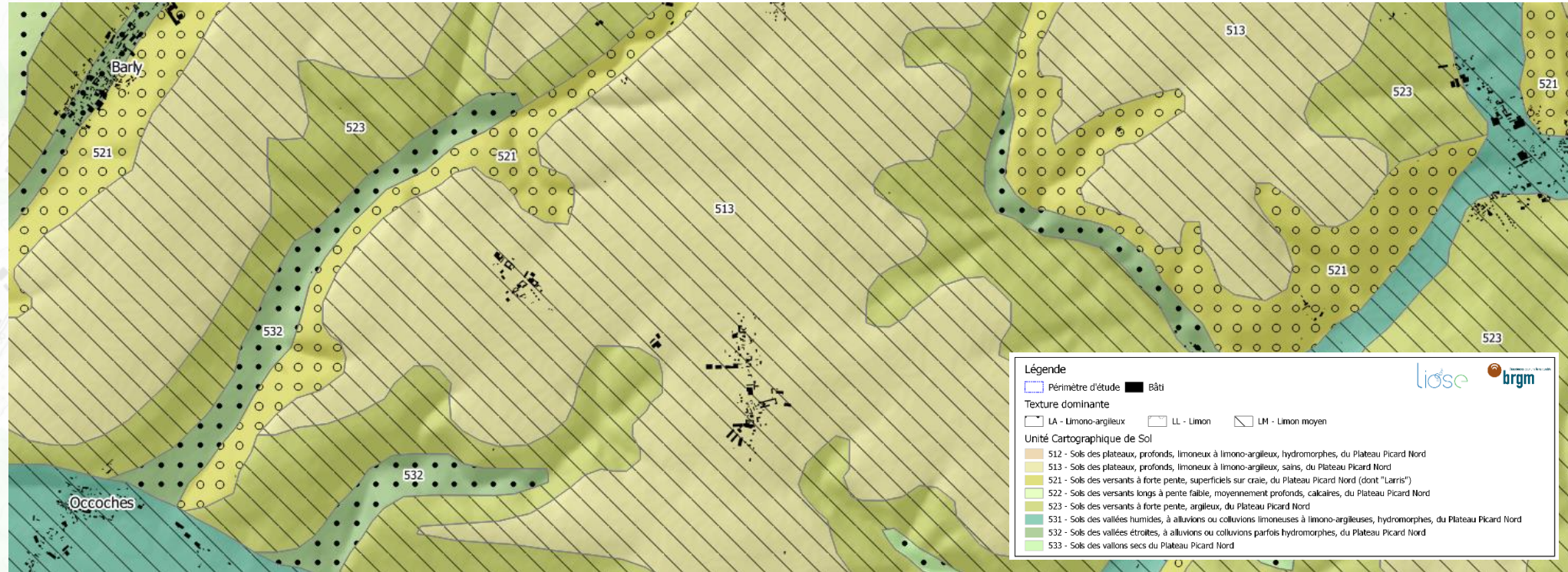


Tâche 2 : Modélisation du ruissellement et de l'érosion

Tâche 2.1. : Caractérisation des conditions initiales

Tâche 2.1.4. : La texture des sols

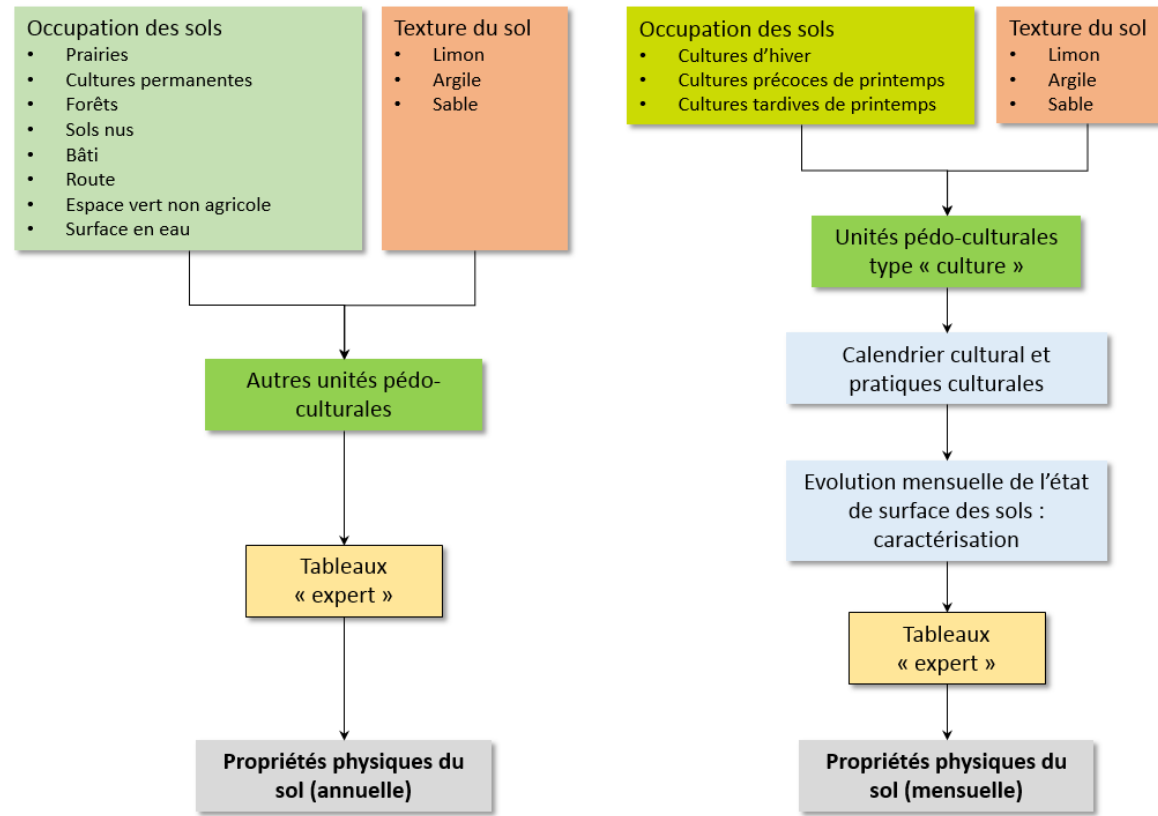
Simplification de la cartographie des sols en une cartographie de la texture dominante de l'horizon de surface (texture considérée comme paramètre déterminant sur la genèse du ruissellement)



Tâche 2 : Modélisation du ruissellement et de l'érosion

Tâche 2.1. : Caractérisation des conditions initiales

Tâche 2.1.5. : Paramétrisation des unités pédo-culturelles



Tâche 2 : Modélisation du ruissellement et de l'érosion


Tâche 2.1. : Caractérisation des conditions initiales

Tâche 2.1.6. : Paramétrisation des unités pédo-culturelles


❖ Caractérisation de l'évolution mensuelle de l'état de surface des sols

Evolution mensuelle des états de surface des sols de chaque unité pédo-culturelle caractérisée par le couvert végétal (C), le faciès sédimentaire (F) et la rugosité du sol (R)

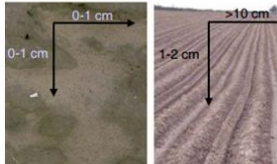
C1	Faible couverture [0% - 20%]	F0	Stade fragmentaire	R0	[0cm - 1cm]
C2	Couverture moyenne [20% - 60%]	F1/F11	1 ^{er} stade de fragmentation	R1	[1cm - 2cm]
C3	Forte couverture [60% - 100%]	F1/F12	2 ^{ème} stade de fragmentation	R2	[2cm - 5 cm]
		F2	Stade sédimentaire	R3	[5cm - 10cm]
				R4	[>10cm]



Couvert végétal



Faciès sédimentaire



Rugosité

❖ Définition d'un calendrier cultural et sélection des états de surfaces pour les 2 périodes étudiées

Soil surface characteristics (sand)												
Crop	October	November	December	January	February	March	April	May	June	July	August	September
Winter crops	C1-F0-R2	C1-F1-R1	C1-F1-R1	C1-F1-R1	C1-F1-R1	C2-F12-R1	C3-F12-R1	C3-F12-R1	C3-F12-R0	C3-F12-R0	C2-F12-R0	C1-F12-R0
Early spring crops	C2-F12-R1	C2-F12-R1	C2-F12-R1	C1-F0-R4	C1-F0-R3	C1-F1-R2	C2-F1-R2	C3-F1-R1	C3-F12-R1	C3-F12-R1	C3-F12-R1	C2-F12-R0
Late spring crops	C3-F12-R0	C3-F12-R0	C3-F12-R0	C3-F12-R0	C3-F12-R0	C3-F12-R0	C1-F0-R2	C1-F0-R2	C1-F1-R1	C2-F12-R1	C3-F12-R1	C3-F12-R0
	Sowing											Harvest

Tâche 2 : Modélisation du ruissellement et de l'érosion

Tâche 2.1. : Caractérisation des conditions initiales

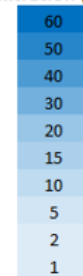
Tâche 2.1.7. : Tables de conversion

- ❖ Conversion des états de surface des sols en propriétés physiques des sols à partir de tables de conversion développé en Haute-Normandie par l'INRA et le BRGM

Capacité d'infiltration (mm/h)

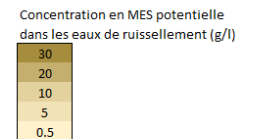
Rugosité	Couvert végétal	Faciès sédimentaire			
		F0	F1	F12	F2
R0	C1	10	10	5	2
	C2	20	10	5	2
	C3	50	20	10	5
R1	C1	20	10	5	2
	C2	50	20	10	2
	C3	50	20	10	5
R2	C1	50	20	10	5
	C2	50	20	10	5
	C3	50	50	20	10
R3	C1	50	20	10	5
	C2	50	50	20	10
	C3	50	50	50	10
R4	C1	50	20	20	10
	C2	50	50	20	10
	C3	50	50	50	10

Infiltration (mm)



Concentration en MES (g/l)

Rugosité	Couvert végétal	Intensité maximum à 6min	Faciès sédimentaire			
			F0	F1	F12	F2
R0	C1	0-10	0.5	3.5	0.5	3.5
		10-40	0.5	7.5	3.5	7.5
		>40	3.5	12.5	7.5	12.5
R0	C2	0-10	0.5	0.5	0.5	0.5
		10-40	0.5	3.5	0.5	3.5
		>40	3.5	7.5	3.5	7.5
R1	C1	0-10	0.5	3.5	0.5	3.5
		10-40	0.5	7.5	3.5	7.5
		>40	3.5	12.5	7.5	12.5
R1	C2	0-10	0.5	0.5	0.5	0.5
		10-40	0.5	3.5	0.5	3.5
		>40	3.5	7.5	3.5	7.5
R2	C1	0-10	0.5	0.5	0.5	0.5
		10-40	3.5	12.5	7.5	12.5
		>40	7.5	20	12.5	20
R2	C2	0-10	0.5	3.5	0.5	3.5
		10-40	0.5	7.5	3.5	7.5
		>40	3.5	12.5	7.5	12.5
R3	C1	0-10	3.5	7.5	7.5	12.5
		10-40	7.5	12.5	12.5	20
		>40	12.5	30	20	30
R3	C2	0-10	0.5	7.5	3.5	7.5
		10-40	3.5	12.5	7.5	12.5
		>40	7.5	20	12.5	20
R4	C1	0-10	3.5	12.5	7.5	12.5
		10-40	7.5	20	12.5	20
		>40	12.5	30	30	30
R4	C2	0-10	3.5	7.5	7.5	12.5
		10-40	7.5	12.5	12.5	20
		>40	12.5	30	20	30

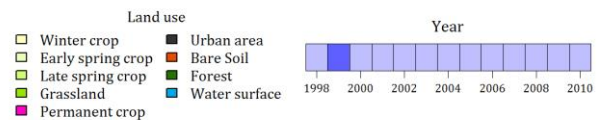
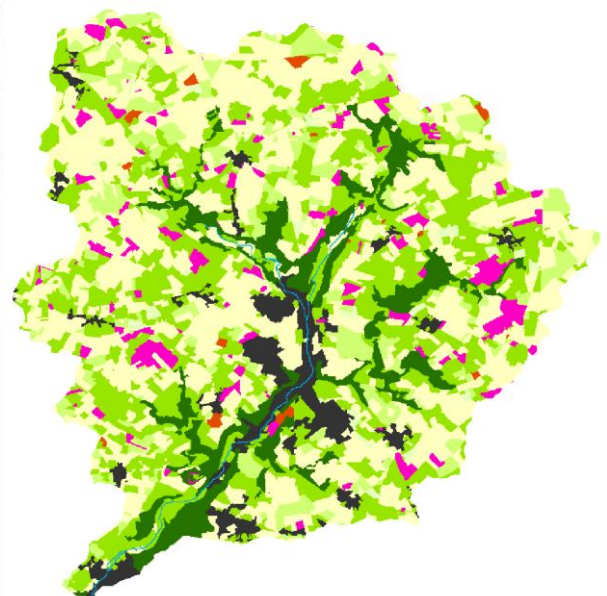


Tâche 2 : Modélisation du ruissellement et de l'érosion

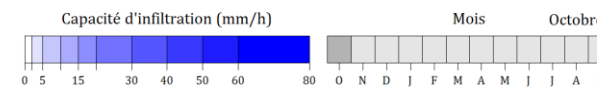
Tâche 2.1. : Caractérisation des conditions initiales

Tâche 2.1.7. : Tables de conversion

Occupation des sols annuelle



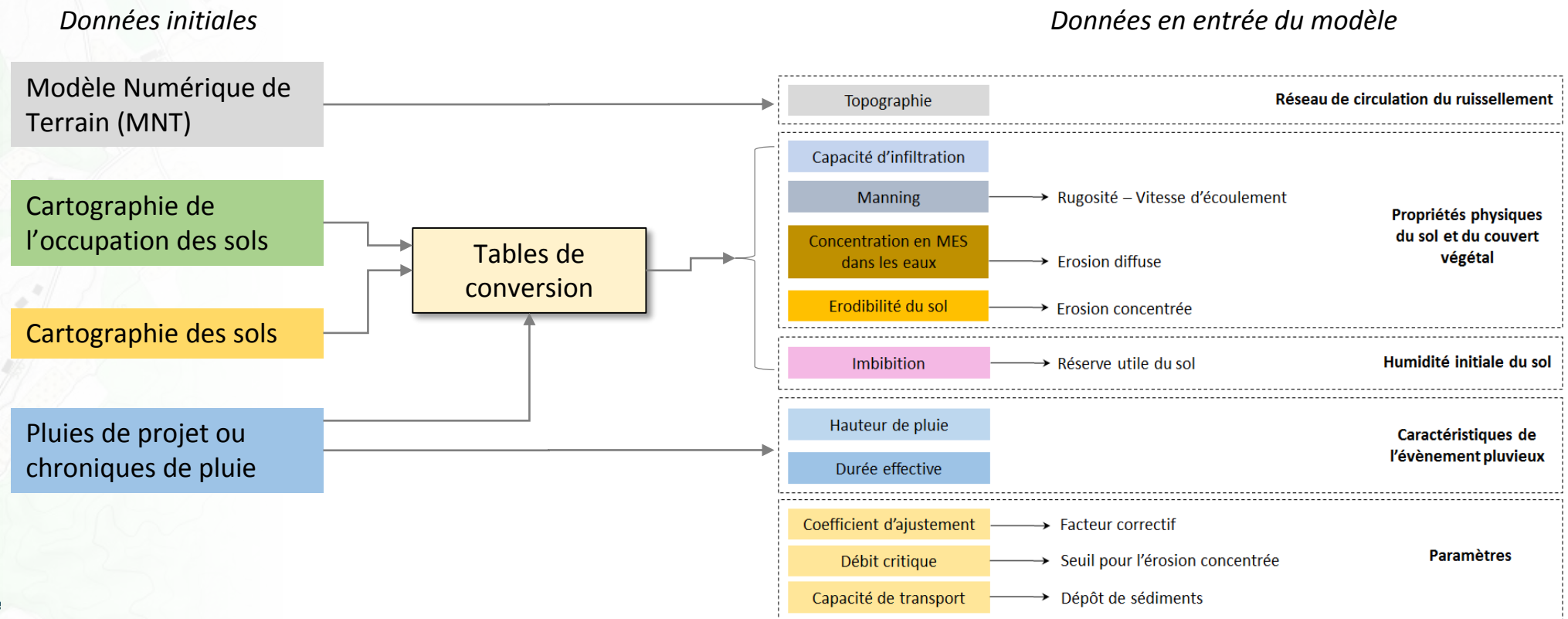
Propriétés physiques du sol mensuelles
(exemple : capacité d'infiltration)



Tâche 2 : Cartographie du ruissellement et de l'érosion

Tâche 2.2. : Modélisation des événements pluvieux

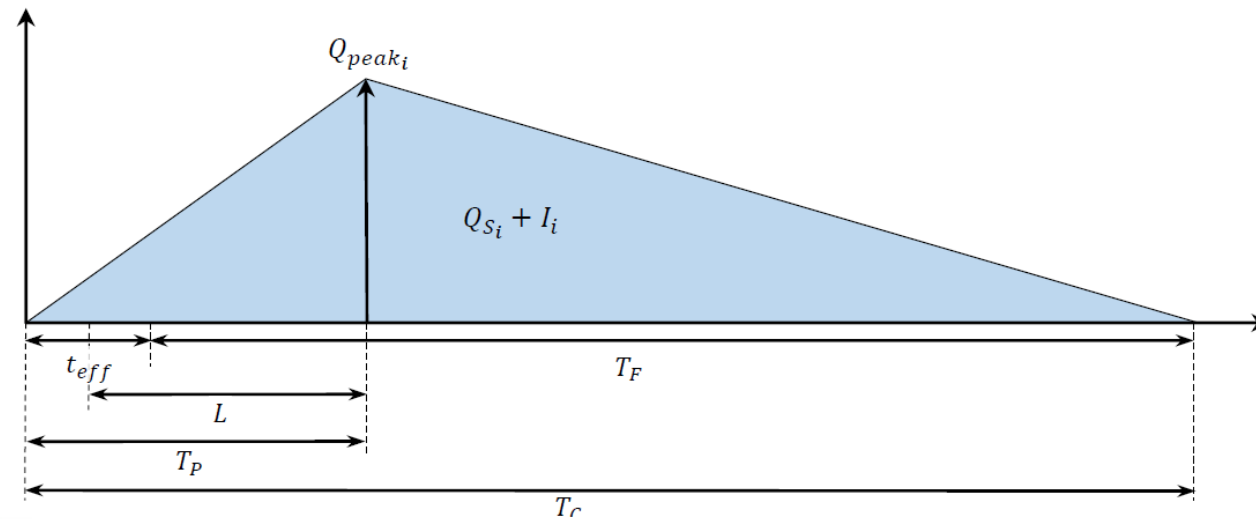
Modèle WaterSed : modèle de prédiction opérationnel recherchant le compromis optimal entre la prise en compte des processus élémentaires de l'érosion et le nombre de variables nécessaires et leur disponibilité.



Tâche 2 : Cartographie du ruissellement et de l'érosion

Tâche 2.2. : Modélisation des événements pluvieux

Modèle WaterSed : modèle **semi-dynamique** distribué du ruissellement et de l'érosion des sols depuis l'échelle de la parcelle agricole à celle du bassin versant

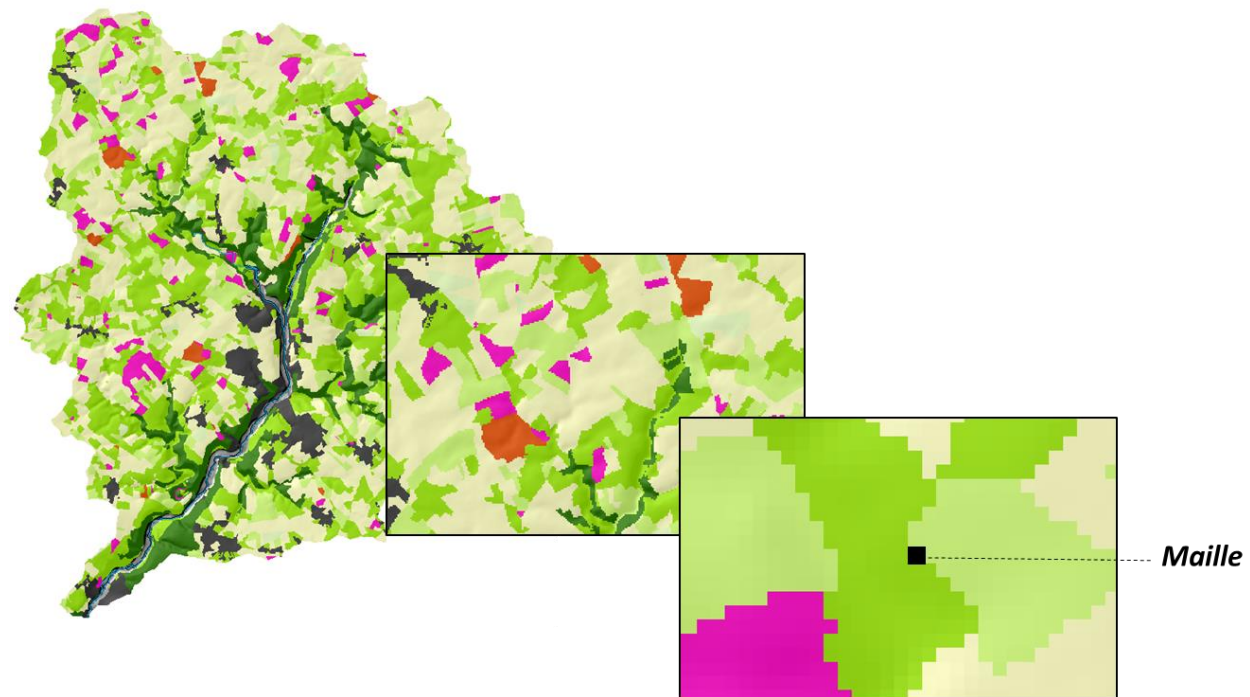


- Routage des volumes d'eau ruisselé sous forme d'hydrogramme triangulaire

Tâche 2 : Cartographie du ruissellement et de l'érosion

Tâche 2.2. : Modélisation des événements pluvieux

Modèle WaterSed : modèle semi-dynamique **distribué** du ruissellement et de l'érosion des sols depuis l'échelle de la parcelle agricole à celle du bassin versant

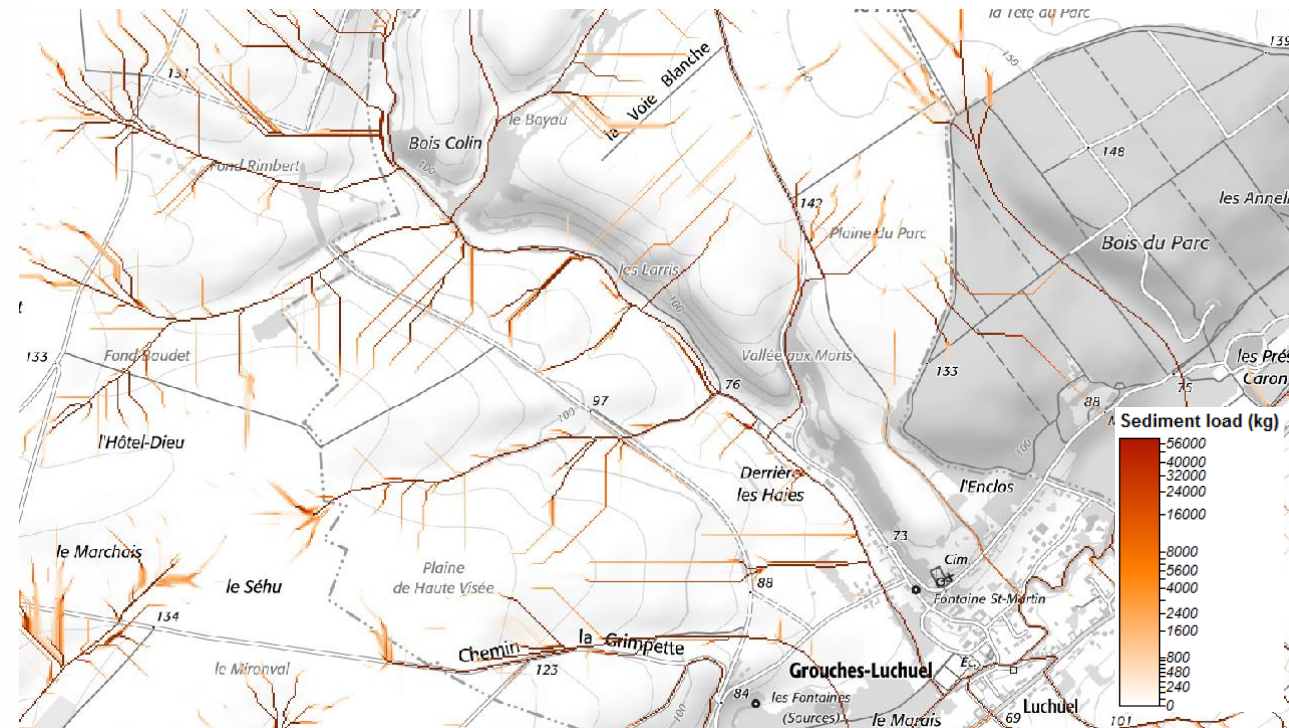


- Discrétisation du territoire en maille de 5m×5m

Tâche 2 : Cartographie du ruissellement et de l'érosion

Tâche 2.2. : Modélisation des événements pluvieux

Modèle WaterSed : modèle semi-dynamique distribué du **ruissellement et de l'érosion des sols** depuis l'échelle de la parcelle agricole à celle du bassin versant

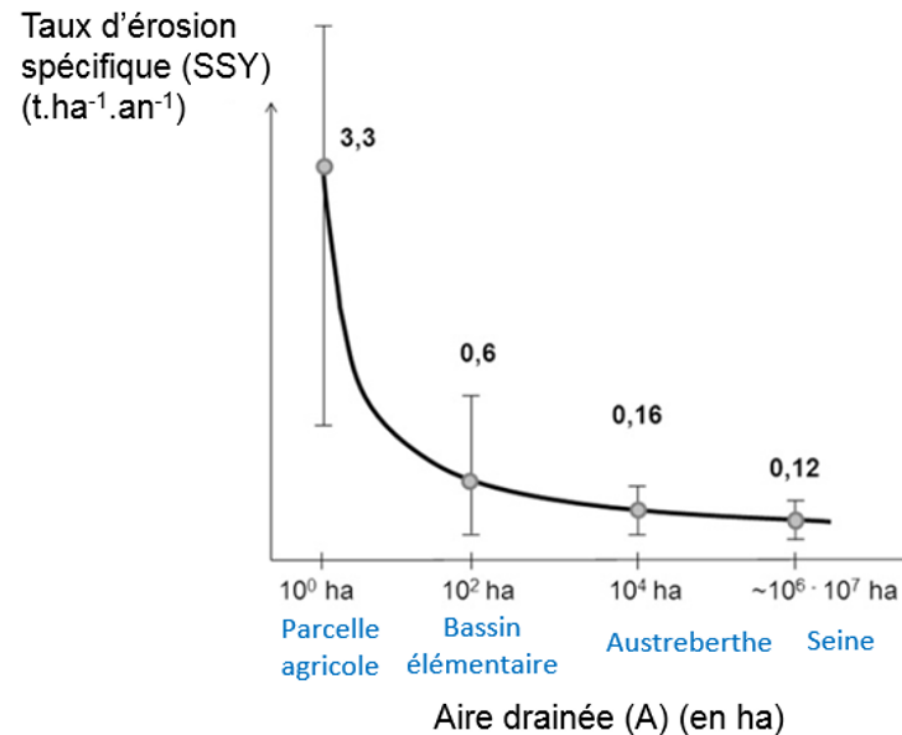


➤ Cartographies des volumes de ruissellement et des masses de terres érodées

Tâche 2 : Cartographie du ruissellement et de l'érosion

Tâche 2.2. : Modélisation des événements pluvieux

Modèle WaterSed : modèle semi-dynamique distribué du ruissellement et de l'érosion des sols depuis l'échelle de la parcelle agricole à celle du bassin versant

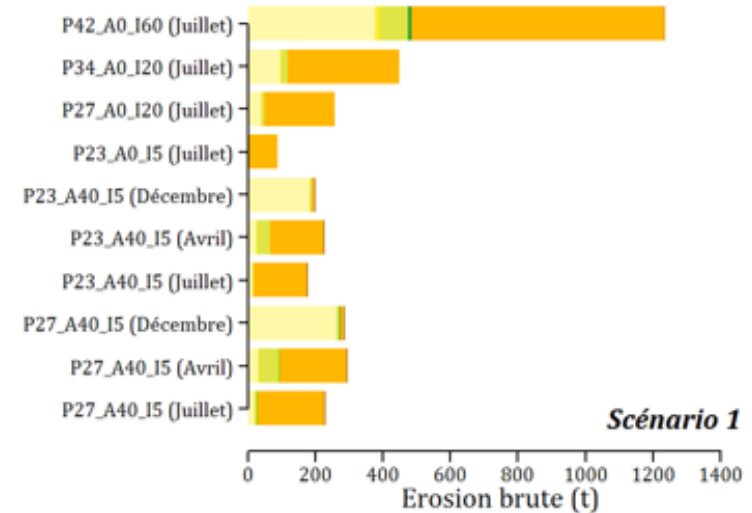
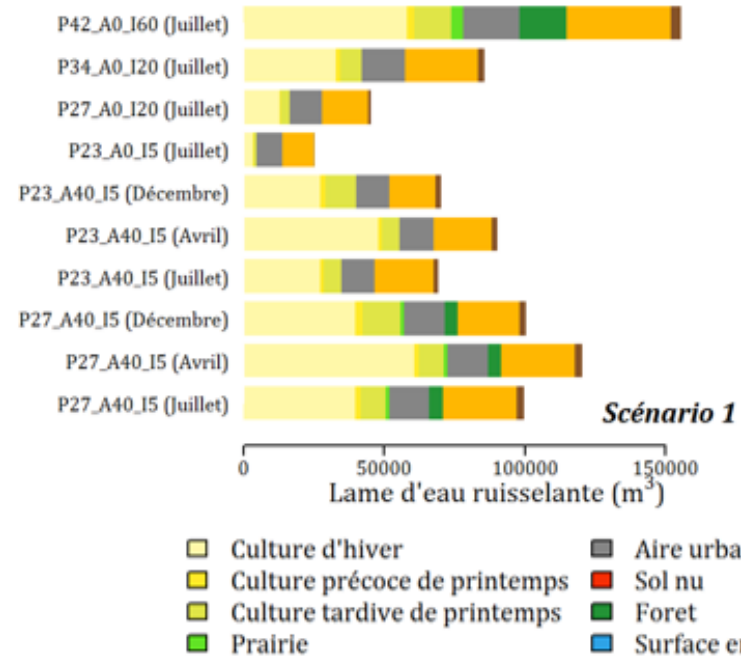


- Simulation du transfert d'échelle (diminution de l'érosion brute avec l'augmentation de l'échelle spatiale)

Tâche 2 : Cartographie du ruissellement et de l'érosion

Tâche 2.3. : Analyse des modélisations

Analyses multi-scalaires pour quantifier les transferts hydrologiques et sédimentaires depuis l'échelle de la parcelle agricole à celle du bassin versant

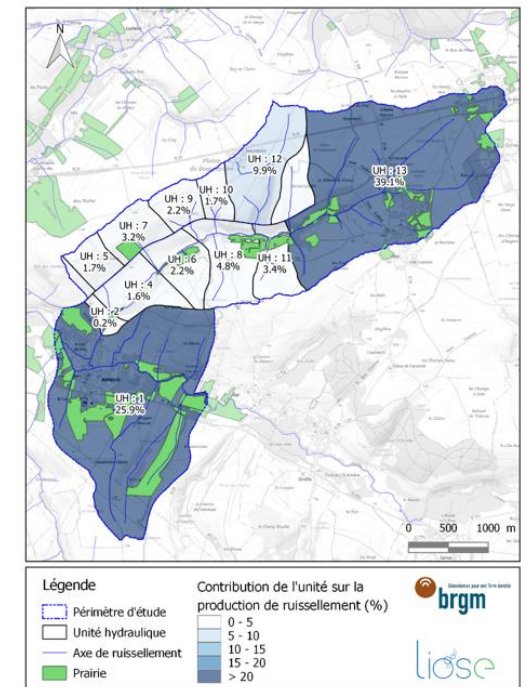
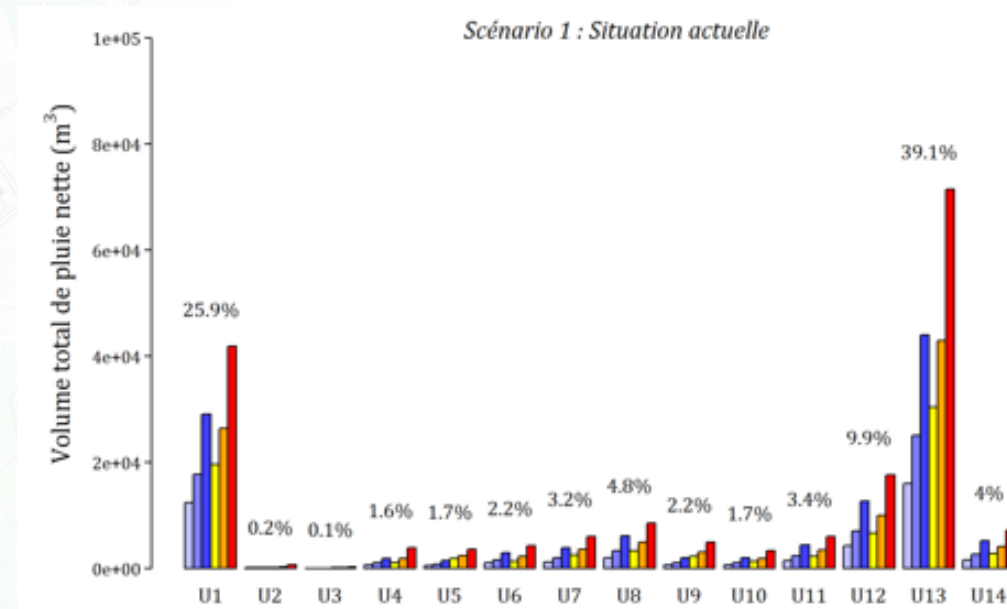


➤ Identification et hiérarchisation des sources de ruissellement et d'érosion des sols

Tâche 2 : Cartographie du ruissellement et de l'érosion

Tâche 2.3. : Analyse des modélisations

Analyses multi-scalaires pour quantifier les transferts hydrologiques et sédimentaires depuis l'échelle de la parcelle agricole à celle du bassin versant

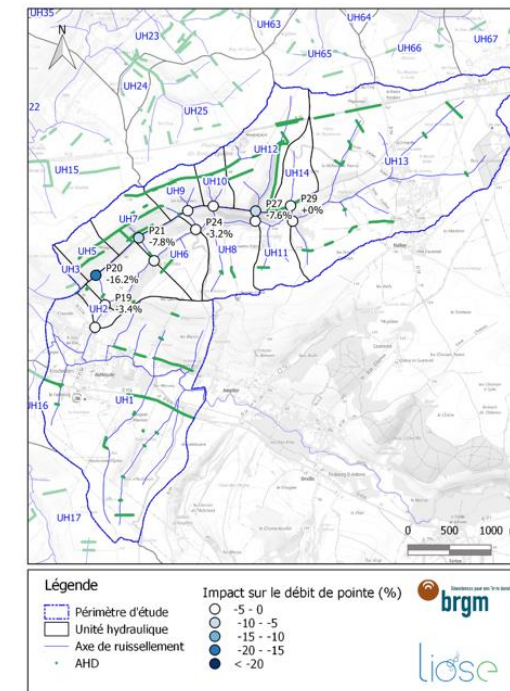
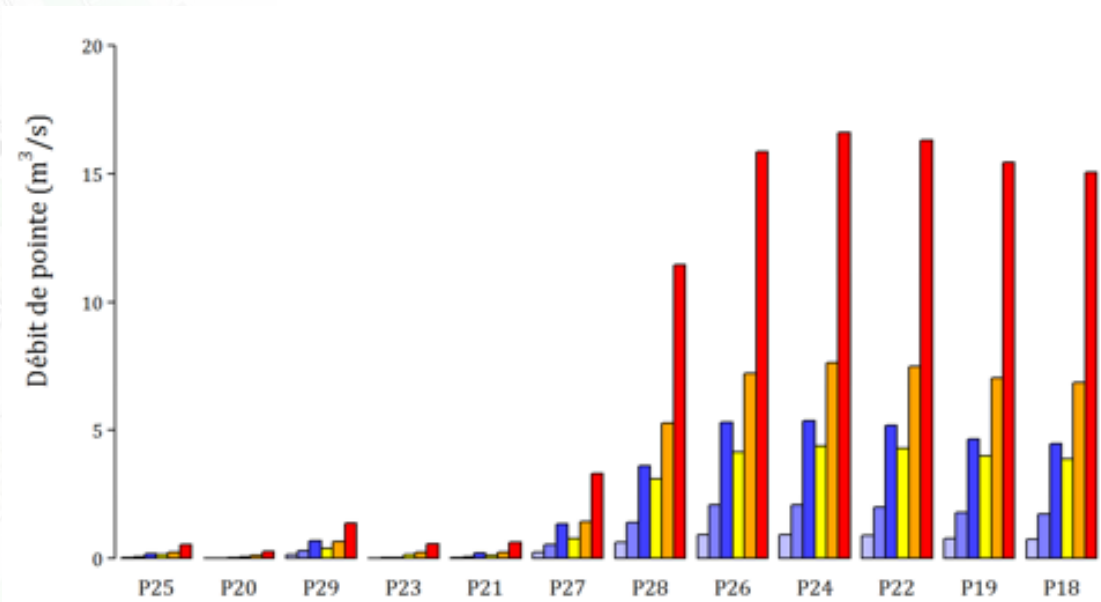


- Identification et hiérarchisation de la production hydrologique et sédimentaire des sous-bassins versants

Tâche 2 : Cartographie du ruissellement et de l'érosion

Tâche 2.3. : Analyse des modélisations

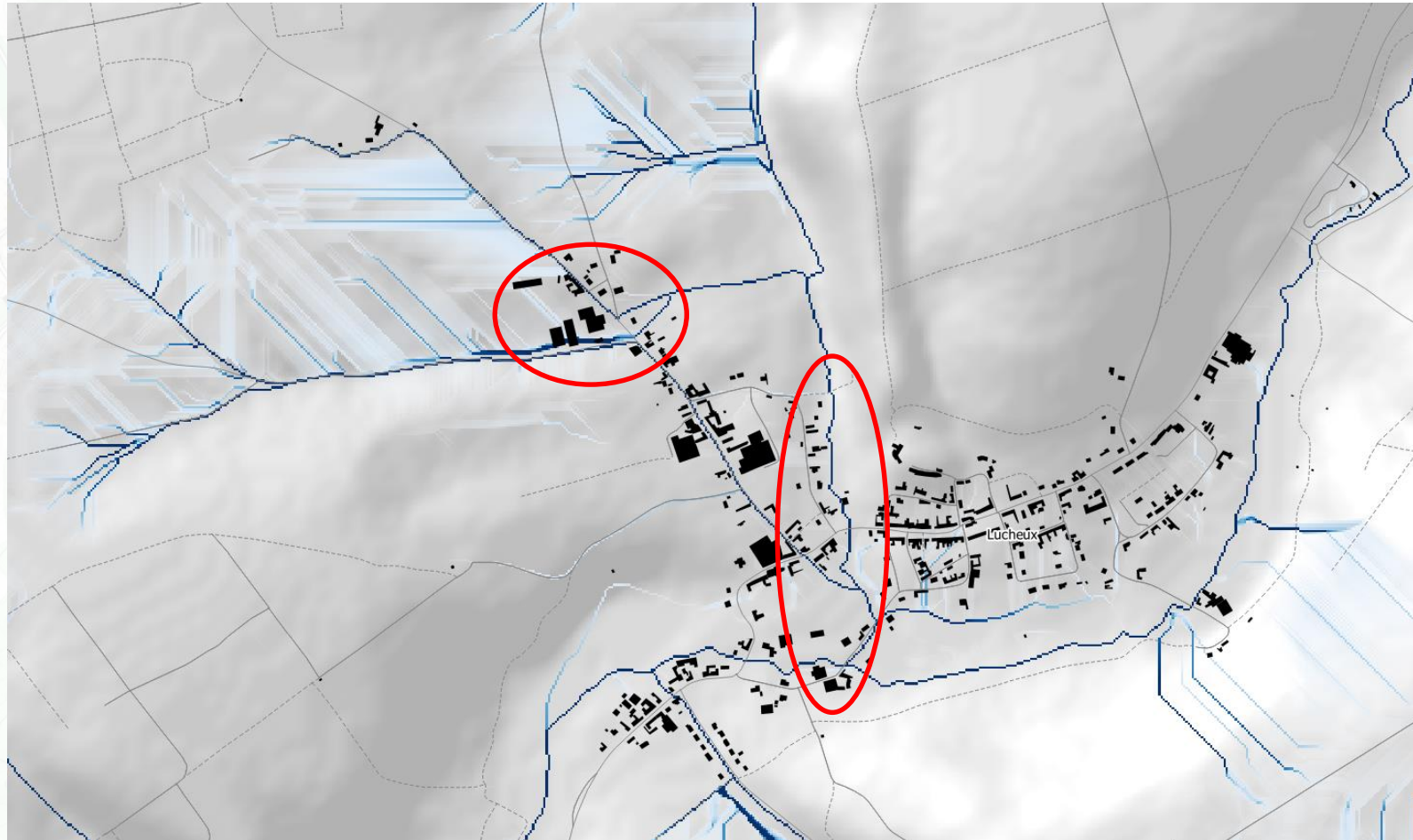
Analyses multi-scalaires pour quantifier les transferts hydrologiques et sédimentaires depuis l'échelle de la parcelle agricole à celle du bassin versant



➤ Quantification des transferts hydrologiques et sédimentaires le long des chemins d'écoulement des eaux

Tâche 3 : Cartographie des enjeux et des zones à risques

- ❖ Inventaire et hiérarchisation des enjeux
- ❖ Croisement des enjeux et de l'aléa en vue de définir les zones à risques



Tâche 4 : Elaboration d'une stratégie de gestion

Une stratégie gestion des transferts hydro-sédimentaires déclinée en deux niveaux :

- ✓ Niveau 1 : installation de **mesures curatives** à court et moyen terme



Bandes tampons



Chenal enherbé



Fourrière enherbée



Coin de parcelle enherbé

Une large palette de mesures :

- ✓ **Zones tampons**
- ✓ Aménagements d'hydrauliques douces
- ✓ Mares et ouvrages tampons

Objectifs généraux :

- ✓ Etaler l'onde de crue et diminuer son amplitude par un ralentissement dynamique et une recharge des eaux de ruissellement
- ✓ Retenir les sédiments et empêcher l'apparition de l'érosion concentrée
- Diminuer l'aléa coulée de boue sur les secteurs à enjeux

Tâche 4 : Elaboration d'une stratégie de gestion

Une stratégie gestion des transferts hydro-sédimentaires déclinée en deux niveaux :

- ✓ Niveau 1 : installation de **mesures curatives** à court et moyen terme



Fascine



Haie

Une large palette de mesures :

- ✓ Zones tampons
- ✓ **Aménagements d'hydrauliques douces**
- ✓ Mares et ouvrages tampons

Objectifs généraux :

- ✓ Etaler l'onde de crue et diminuer son amplitude par un ralentissement dynamique et une recharge des eaux de ruissellement
- ✓ Retenir les sédiments et empêcher l'apparition de l'érosion concentrée
- Diminuer l'aléa coulée de boue sur les secteurs à enjeux

Tâche 4 : Elaboration d'une stratégie de gestion

Une stratégie de gestion des transferts hydro-sédimentaires déclinée en deux niveaux :

- ✓ Niveau 1 : installation de **mesures curatives** à court et moyen terme



Ouvrage tampon



Mare tampon

Une large palette de mesures :

- ✓ Zones tampons
- ✓ Aménagements d'hydrauliques douces
- ✓ **Mares et ouvrages tampons**

Objectifs généraux :

- ✓ Etaler l'onde de crue et diminuer son amplitude par un ralentissement dynamique et une recharge des eaux de ruissellement
- ✓ Retenir les sédiments et empêcher l'apparition de l'érosion concentrée
- Diminuer l'aléa coulée de boue sur les secteurs à enjeux

Tâche 4 : Elaboration d'une stratégie de gestion

Une stratégie de gestion des transferts hydro-sédimentaires déclinée en deux niveaux :

- ✓ Niveau 2 : amélioration des **pratiques culturales** sur le long terme



Semis direct



Ecroutâge



Micro-buttage



Binage

Au niveau de l'îlot de cultures :

- ✓ Gestion intégrée des assolements
- ✓ Protection des prairies stratégiques

Au niveau de la parcelle :

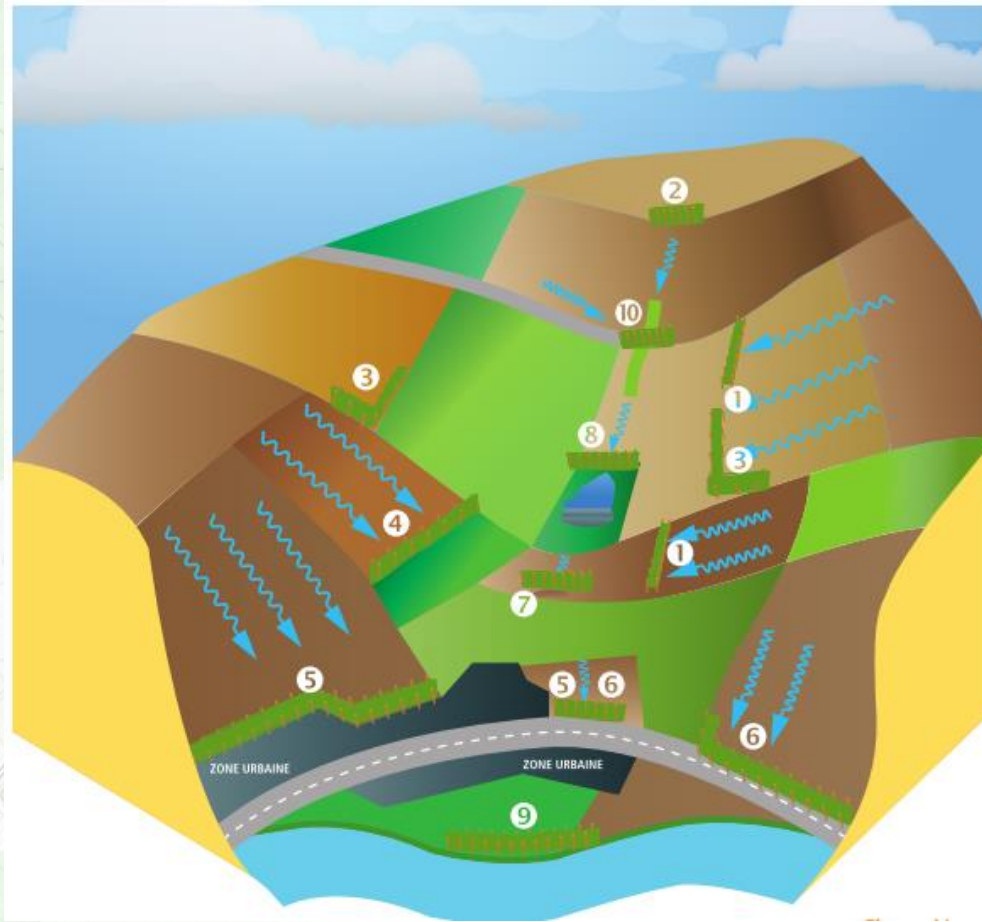
- ✓ Couvert végétal en interculture
- ✓ Binage des betteraves
- ✓ Ecroutage des céréales
- ✓ Micro-buttage dans l'inter-rang des pommes de terre
- ✓ Semis direct

Objectif général :

- Protéger le sol de l'impact érosif des gouttes de pluie et favoriser l'infiltration de l'eau (limiter à la source la production hydrologique et sédimentaire)

Tâche 4 : Elaboration d'une stratégie de gestion

Une stratégie de gestion des transferts hydro-sédimentaires intégrée :



Approche :

- ✓ Dimensionnement réfléchi à l'échelle du bassin versant
- ✓ Déploiement sur l'intégralité des zones à aléa érosif élevé
- ✓ Choix et positionnement des ouvrages selon une logique amont-aval

Objectif général :

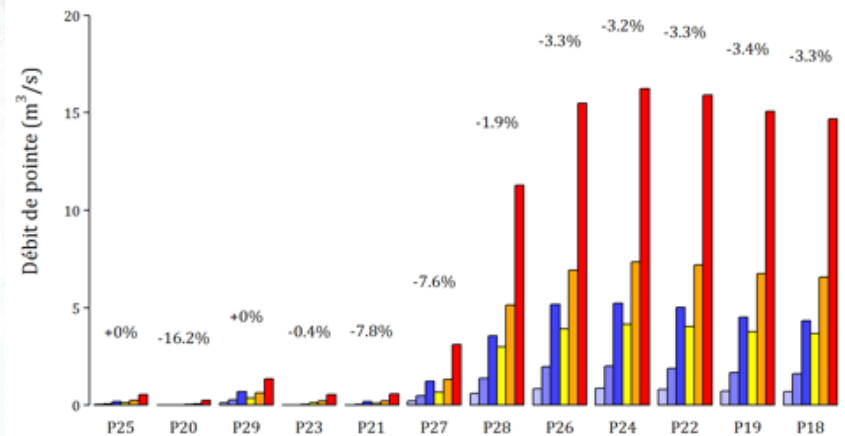
- Obtenir un impact significatif aux différentes échelles du bassin versant
- Garantir la protection des enjeux

Tâche 4 : Elaboration d'une stratégie de gestion

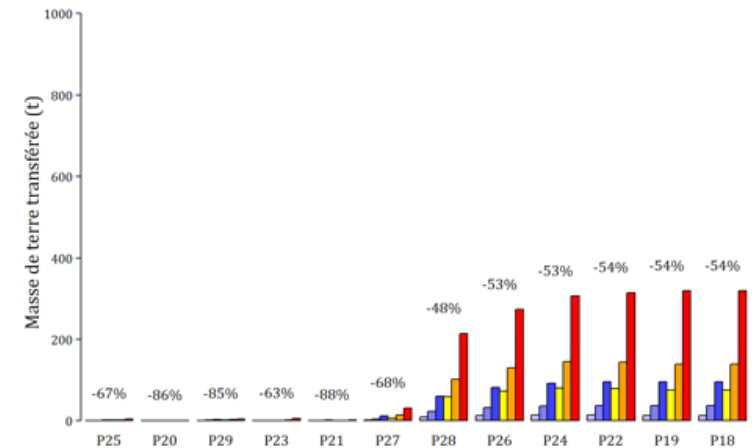
Modélisation du ruissellement et de l'érosion pour les deux niveaux :

- ✓ Niveau 1 : installation de mesures curatives (6 simulations)
- ✓ Niveau 2 : installation de mesures curatives et amélioration des pratiques culturales (6 simulations)

Quantification de l'impact de la stratégie de gestion :



Débit de pointe (m³/s)



Masse de terre transférée (t)

Organisation

Interlocuteurs

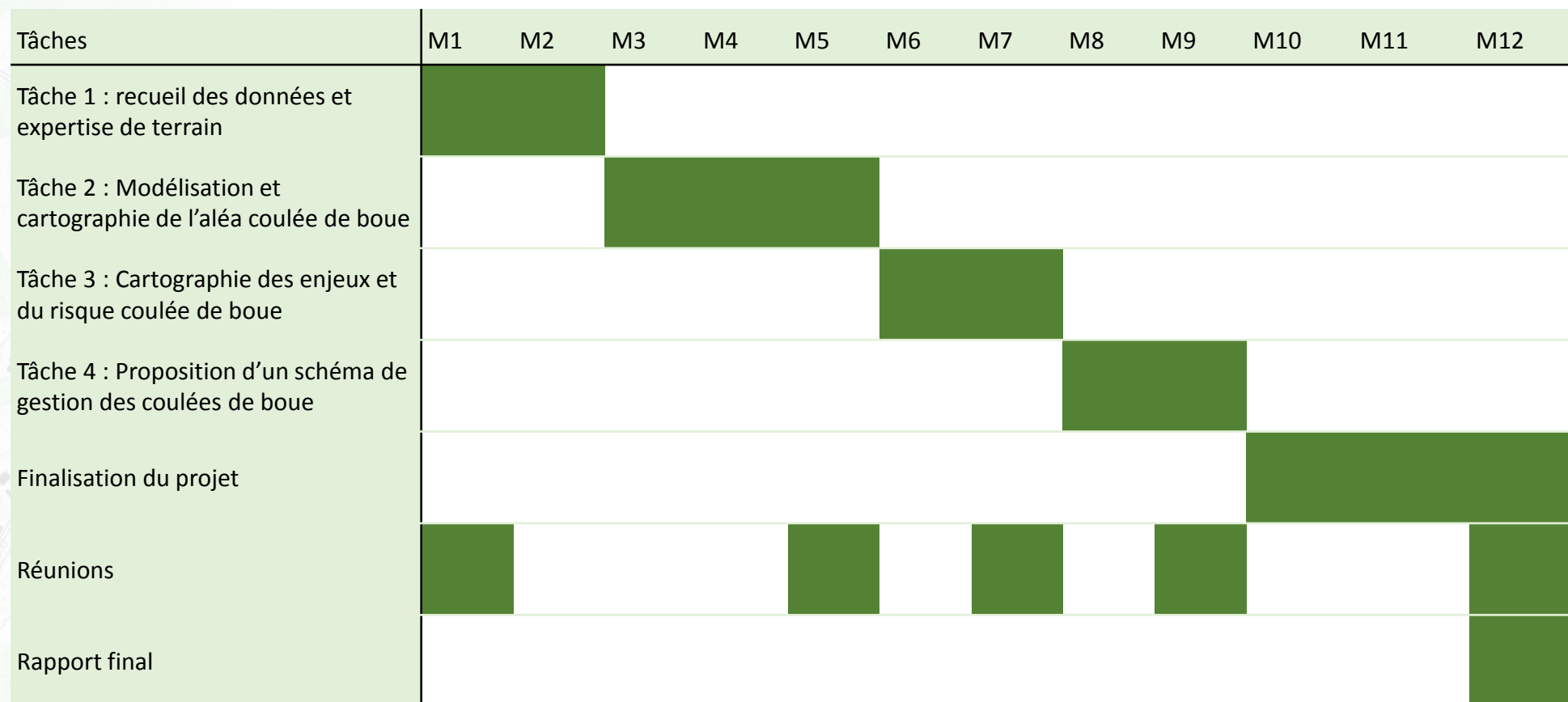
- ❖ Centre technique national BRGM :
LANDEMAINE Valentin – v.landemaine@brgm.fr
- ❖ Direction régionale Hauts-de-France BRGM
SCAMPS Mathilde – m.scamps@brgm.fr

Echanges

- ❖ Transmission 2 semaines avant réunion de travail
- ❖ Compte rendu de réunion : support PPT + relevé de décisions

Organisation

Chronogramme



Livrables

Cartographies :

- ✓ Aléa coulée de boue à une échelle de 1/10 000^{ème} sur fonds topographiques scans 25
- ✓ Enjeux bâti à l'échelle 1/10 000 sur fonds topographiques scans 25
- ✓ Risque coulée de boue à l'échelle 1/10 000 sur fonds topographiques scans 25
- ✓ Implantation des ouvrages hydrauliques de lutte contre les inondations pour à l'échelle 1/10 000 sur fonds topographiques scans 25

Rapport final (3 exemplaires) :

- ✓ Rapport final papier et pdf
- ✓ CD-ROM comprenant les données SIG produites (format shp RGF93 + COVADIS) et les résultats des modélisations