



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès immédiat

Évaluation du risque ruissellement et coulée de boue sur le territoire de l'EPAGE Sequana - Cartographie de l'aléa et du risque ruissellement et coulée de boue

Rapport final

RP-71289-FR

28 avril 2022

Étude réalisée dans le cadre des opérations de service public du BRGM

V. Landemaine, C. Doney

Vérificateur :

Nom : CERDAN O.

Fonction : Expert

Date : 21/02/2022

Signature :

Approbateur :

Nom : PARIZOT M.

Fonction : Directeur BRGM Bourgogne-
Franche-Comté

Date : 28/04/2022

Signature :

Manuel PARIZOT
Directeur régional
Bourgogne - Franche Comté

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM
est certifié selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr



**eau
seine
NORMANDIE**

Agence de l'eau

ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur et/ou les termes de la convention.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctq>.

Mots clés : Érosion des sols, Ruissellement, Coulée de boue, Carte aléa, Catastrophe naturelle, Enjeu, Analyse risque, Risque naturel, Bourgogne, Côte-d'Or, Châtillon-sur-Seine.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

V. Landemaine, C. Doney (2022) – Évaluation du risque ruissellement et coulée de boue sur le territoire de l'EPAGE Sequana - Cartographie de l'aléa et du risque ruissellement et coulée de boue. Rapport final. **RP-71289-FR**, 117 p, 56 fig., 16 tab., 4 ann. dont 2 sur USB.

© BRGM, 2022, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-01/04/2021

Synthèse

Le projet « Évaluation du risque ruissellement et coulée de boue sur le territoire de l'EPAGE Sequana » est constitué de deux phases d'étude. La première consiste à obtenir une meilleure connaissance du territoire de l'EPAGE Sequana en étudiant les caractéristiques du territoire et en documentant les épisodes historiques d'inondations et de coulées de boue ayant impactés les communes. Cette phase a fait l'objet d'un rapport BRGM en mars 2021 (RP-70686-FR).

La seconde phase du projet, présentée dans ce rapport, est la cartographie de l'aléa érosion-ruissellement et l'identification des zones potentiellement à risques sur le territoire de l'EPAGE Sequana à l'aide du modèle MESALES.

Le modèle MESALES 2018 qualifie spatialement l'aléa érosif des versants cultivés à l'échelle annuelle. L'aléa érosif annuel est obtenu à partir de l'aléa érosion de chaque saison, afin d'intégrer la variabilité temporelle du régime des précipitations et de la couverture du sol par les cultures.

La qualification de l'aléa est réalisée suivant une note allant de 1 à 5 et correspond à différents niveaux d'aléa : très faible, faible, moyen, fort et très fort.

L'aléa érosion a été établi sur la période 2017-2019, sur la base de 3 cartographies d'occupation des sols, construites à partir des 3 derniers millésimes du Registre Parcellaire Graphique disponibles.

L'aléa érosion intrinsèque a également été déterminé et correspond à une situation hypothétique très défavorable où l'ensemble des surfaces cultivées seraient à nues. Cet aléa permet d'identifier sur le territoire, les secteurs présentant des caractéristiques propices à l'érosion des sols (en termes de pente, de battance et d'érodibilité).

Pour une facilité de lecture, les deux cartographies de l'aléa érosion ont été agrégées selon deux unités spatiales d'agrégation : (1) par bassins versants débouchant dans les villages et les réseaux de communication et (2) par masse d'eau de surface.

Les bassins versants et les masses d'eau ont finalement été hiérarchisés suivant leur classe d'aléa, permettant à l'EPAGE Sequana d'identifier les secteurs « source » en termes de ruissellement et d'érosion des sols.

L'étude s'est également attachée à définir le risque de coulée de boue par commune, par croisement de l'aléa et des enjeux. Pour se faire, une méthode exploratoire est proposée pour définir l'aléa coulée de boue sur la base de l'aléa ruissellement et érosion des sols.

La confrontation de l'aléa coulée de boue avec les infrastructures anthropiques (= enjeux) a permis d'identifier les zones à risques et de les hiérarchiser pour chaque commune du territoire.

Afin de valider la méthode, la liste des communes potentiellement sujettes aux risques coulées de boue a été comparée à celles concernées par des arrêtés CatNat inondation/coulée de boue. Cette comparaison montre globalement une bonne cohérence. Quelques divergences sont à noter, en lien, d'une part, avec les incertitudes associées aux données et à la méthode utilisée, et d'autre part, à l'imprécision de certaines CatNat.

Le déploiement de solutions de remédiation sur les communes à risques nécessite un travail à plus petite échelle, avec une meilleure description depuis les zones sources de l'érosion et du ruissellement jusqu'aux milieux récepteurs. Dans cette optique, le modèle WaterSed pourra être utilisé à la suite de ce projet.

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| 1. Rappel | 11 |
| 2. Modèle MESALES | 13 |
| 2.1. PRÉSENTATION | 13 |
| 2.2. DONNÉES DE BASE ET DONNÉES D'ENTRÉE DU MODÈLE | 15 |
| 2.2.1. Occupation du sol | 15 |
| 2.2.2. Le sol | 23 |
| 2.2.3. Le relief | 28 |
| 2.2.4. Le climat..... | 31 |
| 2.3. APPLICATION DU MODÈLE MESALES | 33 |
| 2.4. INTÉGRATION SPATIALE | 44 |
| 2.4.1. Masses d'eau | 44 |
| 2.4.2. Bassins versants débouchant dans les villages..... | 50 |
| 2.5. VALIDATION DU MODÈLE | 59 |
| 3. Identification des zones à risques | 61 |
| 3.1. ALÉA COULÉE DE BOUE | 61 |
| 3.2. INVENTAIRE ET HIÉRARCHISATION DES ENJEUX | 62 |
| 3.3. MÉTHODE D'ÉVALUATION DU RISQUE | 64 |
| 3.4. RÉSULTATS..... | 67 |
| 3.4.1. Analyse du risque de coulée de boue à l'échelle de l'EPAGE Sequana | 68 |
| 3.4.2. Analyse du risque de coulée de boue à l'échelle communale..... | 69 |
| 3.4.3. Croisement entre le risque de coulée de boue et la sinistralité CatNat | 77 |
| 3.5. PRIORISATION DES COMMUNES À RISQUE DE COULÉE DE BOUE..... | 82 |
| 4. Conclusions | 83 |
| 5. Bibliographie | 85 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Étapes de mise en œuvre du modèle MESALES. | 14 |
| Figure 2 : Répartition des cultures par rapport à la surface cultivée sur le territoire de l'EPAGE Sequana | 16 |
| Figure 3 : Schéma explicatif de la méthode de codification du taux de couverture saisonnière des sols du Territoire de l'EPAGE Sequana | 19 |
| Figure 4 : Cartographie saisonnière du taux de couverture du sol par la végétation sur le périmètre de l'EPAGE Sequana. À chaque cartographie est associée la distribution des différentes classes de couverture..... | 21 |
| Figure 5 : Couverture du RRP de Bourgogne Franche-Comté sur le territoire de l'EPAGE Sequana. La cartographie géologique de la Haute-Marne a été utilisée pour couvrir la portion du territoire située en Haute-Marne. | 24 |
| Figure 6 : Organisation des principaux objets pédologiques (UCS, UTS, strates, profils et horizons) dans le Référentiel Régional Pédologique..... | 24 |
| Figure 7 : Règle de pédotransfert permettant de convertir les données texturales en classes de battance et d'érodibilité par projection dans les triangles de texture redécoupés en 5 classes de sensibilité ; 1 : très faible, 2 : faible, 3 : moyenne, 4 : forte, 5 : très forte. | 25 |
| Figure 8 : Cartographie des Unité Cartographique de Sol (UCS)..... | 26 |
| Figure 9 : Cartographie de la texture dominante de l'horizon de labour. | 26 |
| Figure 10 : Cartographie de la teneur en éléments grossiers de l'horizon de labour..... | 27 |
| Figure 11 : Cartographie de la sensibilité à la battance. | 27 |
| Figure 12 : Cartographie de l'érodibilité du sol..... | 28 |
| Figure 13 : Représentation d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT)..... | 28 |
| Figure 14 : Détection par ombrage des raccords de MNT. | 29 |
| Figure 15 : Rupture de pente au niveau des raccords. | 29 |
| Figure 16 : Comparaison de la cartographie des pentes avant et après filtrage..... | 30 |
| Figure 17 : Cartographie des pentes sur le périmètre d'étude en 8 classes (pentes pondérées par l'aire drainée). | 31 |
| Figure 18 : Cartographie saisonnière de l'érosivité des pluies à l'échelle européenne (Ballabio <i>et al.</i> , 2017)..... | 32 |
| Figure 19 : Cartes saisonnières d'érosivité des pluies sur le périmètre d'étude. | 33 |
| Figure 20 : Arbre de décision du modèle MESALES (Degan <i>et al.</i> , 2015). | 34 |

| | |
|---|----|
| Figure 21 : Arbre de décision du modèle MESALES (suite) (Degan <i>et al.</i> , 2015)..... | 35 |
| Figure 22 : Distribution de la surface occupée par chaque classe d'aléa par saison sur le périmètre d'étude. 0 : aléa non pertinent ; 1 : très faible ; 2 : faible ; 3 : moyen ; 4 : fort ; 5 : très fort. | 36 |
| Figure 23 : Cartographie de l'aléa érosion des sols par saison sur le territoire de l'EPAGE Sequana..... | 37 |
| Figure 24 : Distribution de la surface occupée par chaque classe d'aléa érosion des sols annuel sur le périmètre d'étude. 0 : aléa non pertinent ; 1 : très faible ; 2 : faible ; 3 : moyen ; 4 : fort ; 5 : très fort..... | 39 |
| Figure 25 : Cartographie de l'aléa érosion des sols annuel (situation actuelle) sur le territoire de l'EPAGE Sequana. | 40 |
| Figure 26 : Extrait de l'atlas cartographique de l'aléa érosion des sols annuel sur la commune de Massingy..... | 41 |
| Figure 27 : Cartographie de l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel (situation défavorable) sur le territoire de l'EPAGE Sequana. | 42 |
| Figure 28 : Cartographie de l'aléa érosion des sols annuel (gauche) et cartographie de l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel sur la commune de Quemigny-sur-Seine (droite)..... | 43 |
| Figure 29 : Distribution de la surface occupée par chaque classe d'aléa érosion des sols intrinsèque annuel sur le périmètre d'étude. | 43 |
| Figure 30 : Distribution de l'aléa érosion des sols annuel par masse d'eau (gauche) et distribution de l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel par masse d'eau sur le périmètre d'étude (droite)..... | 45 |
| Figure 31 : Cartographie des masses d'eau de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie sur le périmètre d'étude..... | 46 |
| Figure 32 : Cartographie de l'aléa érosion des sols annuel par masse d'eau sur le territoire de l'EPAGE Sequana. | 47 |
| Figure 33 : Cartographie de l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel par masse d'eau sur le territoire de l'EPAGE Sequana..... | 48 |
| Figure 34 : Exemple de positionnement des exutoires des bassins débouchant dans le village de Bure-les-Templiers. | 50 |
| Figure 35 : Cartographie des bassins versant débouchant dans les villages et les réseaux de communication sur le périmètre de l'étude..... | 51 |
| Figure 36 : Distribution du nombre de bassins versants par classe de superficie sur le territoire d'étude..... | 51 |

| | |
|---|----|
| Figure 37 : Distribution de l'aléa érosion des sols annuel par bassin (gauche) et distribution de l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel par bassin sur le périmètre d'étude (droite). | 52 |
| Figure 38 : Cartographie de l'aléa érosion des sols annuel par bassin sur le territoire de l'EPAGE Sequana. | 53 |
| Figure 39 : Cartographie de l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel par bassin sur le territoire de l'EPAGE Sequana. | 54 |
| Figure 40 : Cartographie de l'aléa coulée de boue pour la situation actuelle sur les 71 communes du périmètre d'étude dont le bourg est situé à l'exutoire d'un ou plusieurs bassins versants. Le nom des communes en aléa fort et très fort est indiqué. | 56 |
| Figure 41 : Cartographie de l'aléa coulée de boue pour la situation la plus défavorable sur les 71 communes du périmètre d'étude dont le bourg est situé à l'exutoire de un ou plusieurs bassins versants. Le nom des communes en aléa fort et très fort est indiqué..... | 57 |
| Figure 42 : Illustration de l'indice coulée de boue utilisé pour la définition de l'aléa coulée de boue. | 62 |
| Figure 43 : Extrait cartographique de la représentation des bâtiments et du réseau de transport selon leur classe d'importance. | 64 |
| Figure 44 : Extrait cartographique du croisement entre les enjeux et l'aléa coulée de boue intrinsèque. | 66 |
| Figure 45 : Extrait de la carte du risque coulée de boue intrinsèque..... | 67 |
| Figure 46 : Répartition des bâtiments du territoire de l'EPAGE Sequana par rapport au risque coulée de boue intrinsèque..... | 68 |
| Figure 47 : Répartition des bâtiments du territoire de l'EPAGE Sequana par rapport au risque coulée de boue annuel. | 68 |
| Figure 48 : Graphiques représentant par commune la répartition des niveaux de risque coulée de boue intrinsèque sur le bâti (extrait de l'Annexe 1)..... | 70 |
| Figure 49 : Graphiques représentant par commune la répartition des niveaux de risque coulée de boue annuel sur le bâti (extrait de l'Annexe 1). | 71 |
| Figure 50 : Classement des communes suivant le nombre de bâtiments exposés au risque coulée de boue intrinsèque et annuel..... | 72 |
| Figure 51 : Communes comprenant le plus grand nombre de bâtiments exposés à un risque coulée de boue..... | 73 |
| Figure 52 : Classement des communes suivant le nombre de bâtiments exposés au risque coulée de boue intrinsèque et annuel fort à très fort. | 74 |

| | |
|---|----|
| Figure 53 : Communes comprenant le plus grand nombre de bâtiments exposés à un risque coulée de boue fort à très fort. | 75 |
| Figure 54 : Classement des communes suivant le nombre de tronçons du réseau de transport exposés au risque coulée de boue intrinsèque et annuel. | 76 |
| Figure 55 : Comparaison des données risque coulée de boue intrinsèque et annuel des communes concernés par des arrêtés CatNat inondation/coulée de boue | 79 |
| Figure 56 : Localisation des communes présentant des risques coulée de boue limités ou nuls malgré l'existence d'arrêtés CatNat inondation/coulée de boue | 81 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Facteurs et variables du modèle MESALES | 13 |
| Tableau 2 : Taux de recouvrement du sol par saison par la végétation pour les principales cultures recensées sur le périmètre d'étude. | 17 |
| Tableau 3 : Code couverture issu de la classification du code à trois chiffres, obtenu pour chaque saison, suite à la combinaison des trois années du RPG (2017-2018-2019)..... | 17 |
| Tableau 4 : Libellés des différents taux de couverture par saison..... | 18 |
| Tableau 5 : Reclassification des bases Corine Land Cover et BD Carto selon le taux de couverture du sol..... | 18 |
| Tableau 6 : Sensibilité à la battance et érodibilité des différentes textures observées sur le périmètre d'étude. | 25 |
| Tableau 7 : Tableau de combinaisons des classes de pente et des classes d'aire drainée. . | 30 |
| Tableau 8 : Distribution des pentes sur le périmètre de l'étude..... | 31 |
| Tableau 9 : Classes d'érosivité selon les travaux de Chabert (2019)..... | 33 |
| Tableau 10 : Surface, aléa érosion des sols annuel actuel et aléa érosion des sols annuel défavorable par masse d'eau. La différence exprime la différence de classe d'aléa érosion des sols entre la situation actuelle et la situation défavorable. .. | 49 |
| Tableau 11 : Nombre de communes par classe d'aléa coulée de boue pour la situation actuelle et la situation la plus défavorable. | 55 |
| Tableau 12 : Nombre de CatNat total entre 1984 et 2018, classe d'aléa coulée de boue actuelle et classe d'aléa coulée de boue pour la situation la plus défavorable par commune. La différence exprime la différence de classe d'aléa coulée de boue entre la situation actuelle et la situation la plus défavorable. | 58 |

| | |
|---|----|
| Tableau 13 : Nombre de commune par classe d'aléa coulée de boue et par classe de nombre total de CatNat sur la période 1984-2018 (aléa coulée de boue pour la situation actuelle). | 59 |
| Tableau 14 : Nombre de commune par classe d'aléa coulée de boue et par classe de nombre total (0 ou ≥ 1) de CatNat sur la période 1984-2018 (aléa coulée de boue pour la situation actuelle). | 59 |
| Tableau 15 : Hiérarchisation des enjeux selon leur importance face à une crise provoquée par du ruissellement et des coulées de boues | 63 |
| Tableau 16 : Méthode d'évaluation du risque de ruissellement et de coulée de boue à partir du niveau d'importance des enjeux et de l'aléa. | 65 |

Liste des annexes

| | |
|--|-----|
| Annexe 1 : Répartition graphique des niveaux de risque coulée de boue sur le bâti par commune..... | 87 |
| Annexe 2 : Atlas cartographique de l'aléa érosion des sols annuel par commune | 107 |
| Annexe 3 : Atlas cartographique de l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel par commune..... | 109 |
| Annexe 4 : Tableau récapitulatif des résultats de l'atlas et des risques érosions et coulée de boue par bassins versants hydrographiques et communaux..... | 111 |

1. Rappel

Les communes du contrat de territoire de l'EPAGE SEQUANA sont affectées depuis plusieurs décennies par des coulées de boues et des inondations, entraînant des dégâts sur les infrastructures et les habitations.

Dans ce contexte, l'objectif de cette étude est d'établir une cartographie du risque ruissellement et coulée de boue en vue d'identifier les zones exposées.

Un premier rapport a été réalisé en mars 2021 (RP-70686-FR) permettant d'appréhender le contexte environnemental du territoire de l'EPAGE Sequana puis de recenser les phénomènes historiques de coulées de boue et ruissellements de 1983 à nos jours.

De ce rapport sont ressortis les éléments suivants :

- le territoire de l'EPAGE Sequana est caractérisé par une occupation du sol s'organisant en fonction des caractéristiques géomorphologiques du paysage. Ce territoire est principalement recouvert par de la forêt présente sur les plateaux et les flancs de vallée. Les cultures céréalières sont également importantes, localisées au niveau des plateaux et dans la Vallée de Châtillon. Les vallées encaissées sont quant à elles principalement recouvertes de prairies. Une différence d'occupation des sols est à noter entre la rive gauche de la Seine, composée majoritairement de terres agricoles et la rive droite majoritairement composée de forêts et de prairies ;
- les villages sont principalement implantés en fond de vallée et de talweg ce qui les rend vulnérables aux phénomènes d'inondation par débordement de cours d'eau et par ruissellement ;
- de 1983 à nos jours, 48 communes sur les 133 du territoire de l'EPAGE Sequana ont fait l'objet d'au moins un arrêté CatNat inondation et coulée de boue. Ces CatNat peuvent être catégorisées au regard de trois phénomènes climatologiques :
 - les tempêtes hivernales sur des sols déjà saturés en eau durant les mois de novembre à janvier,
 - les orages printaniers violents en sortie d'hiver lorsque les sols sont encore saturés en eau,
 - les orages printaniers à fort cumul de pluie.

Ces résultats d'étude ont permis de définir le cadre de l'évaluation de l'aléa ruissellement et coulée de boue. La seconde phase du projet, présentée dans ce rapport, est la cartographie de l'aléa érosion-ruissellement et l'identification des zones à risques prioritaires à l'aide du modèle MESALES.

2. Modèle MESALES

2.1. PRÉSENTATION

La réduction des impacts de l'érosion hydrique des sols nécessite la mise en place d'outils pour identifier les zones d'actions prioritaires. L'ensemble de ces outils doit répondre à certaines questions posées par les gestionnaires, comme par exemple "où et à quel moment les phénomènes érosifs sont-ils susceptibles de se produire ?", "quel est le niveau de probabilité qu'un territoire soit touché par l'érosion ?", "où faut-il intervenir de manière préférentielle ?", *etc.* À cette fin, l'analyse spatiale et la cartographie permettent d'afficher la localisation, l'extension spatiale et temporelle, ainsi que le degré de probabilité d'occurrence des phénomènes érosifs. Par ailleurs, il est nécessaire d'utiliser une même méthodologie homogène sur l'ensemble du territoire, afin de pouvoir comparer et hiérarchiser les différentes zones qui le composent.

Dans cette étude, le modèle proposé pour évaluer l'aléa érosion est le modèle MESALES. Dans ce modèle, l'érosion est envisagée du point de vue des surfaces émettrices de particules solides (érosion de versant), et non pas du point de vue du transport de ces particules dans les cours d'eau et de leur dépôt à l'aval.

Initialement développé par l'INRAE, ce modèle se présente sous la forme d'un arbre de décision où différentes variables sont croisées jusqu'à une classification donnant un résultat final. La démarche méthodologique de l'INRAE est basée sur l'hypothèse que quatre facteurs sont nécessaires et suffisants pour expliquer l'aléa érosion : le sol, l'occupation des sols, la topographie et le climat. Sur la base de ces facteurs, six variables sont utilisées (Tableau 1).

| Facteurs | Variables |
|---------------------|---------------------------------------|
| Occupation des sols | Taux de couverture du sol |
| Topographie | Intensité de la pente Aire drainée |
| Pédologie | Battance Erodibilité |
| Climat | Erosivité des pluies |

Tableau 1 : Facteurs et variables du modèle MESALES.

Dans sa version actuelle, le modèle MESALES 2018 qualifie spatialement l'aléa érosif des versants cultivés à l'échelle annuelle. L'aléa érosif annuel est obtenu à partir de l'aléa érosion de chaque saison, afin d'intégrer la variabilité temporelle du régime des précipitations et de la couverture du sol par les cultures. La période d'analyse est de 3 ans afin de tenir compte des rotations culturales.

La qualification de l'aléa est réalisée suivant une note allant de 1 à 5 et correspond à différents niveaux d'aléa : très faible, faible, moyen, fort et très fort. L'aléa est qualifié à la résolution du MNT (par « pixel ») et est généralement agrégé à l'échelle de la masse d'eau pour faciliter la lecture par le gestionnaire.

Les différentes étapes de réalisation de la cartographie de l'aléa érosion annuelle par le modèle MESALES sont présentées sur la Figure 1. Chaque étape est détaillée dans les points suivants.

Évaluation du risque ruissellement et coulée de boue sur le territoire de l'EPAGE Sequana - Cartographie de l'aléa et du risque ruissellement et coulée de boue

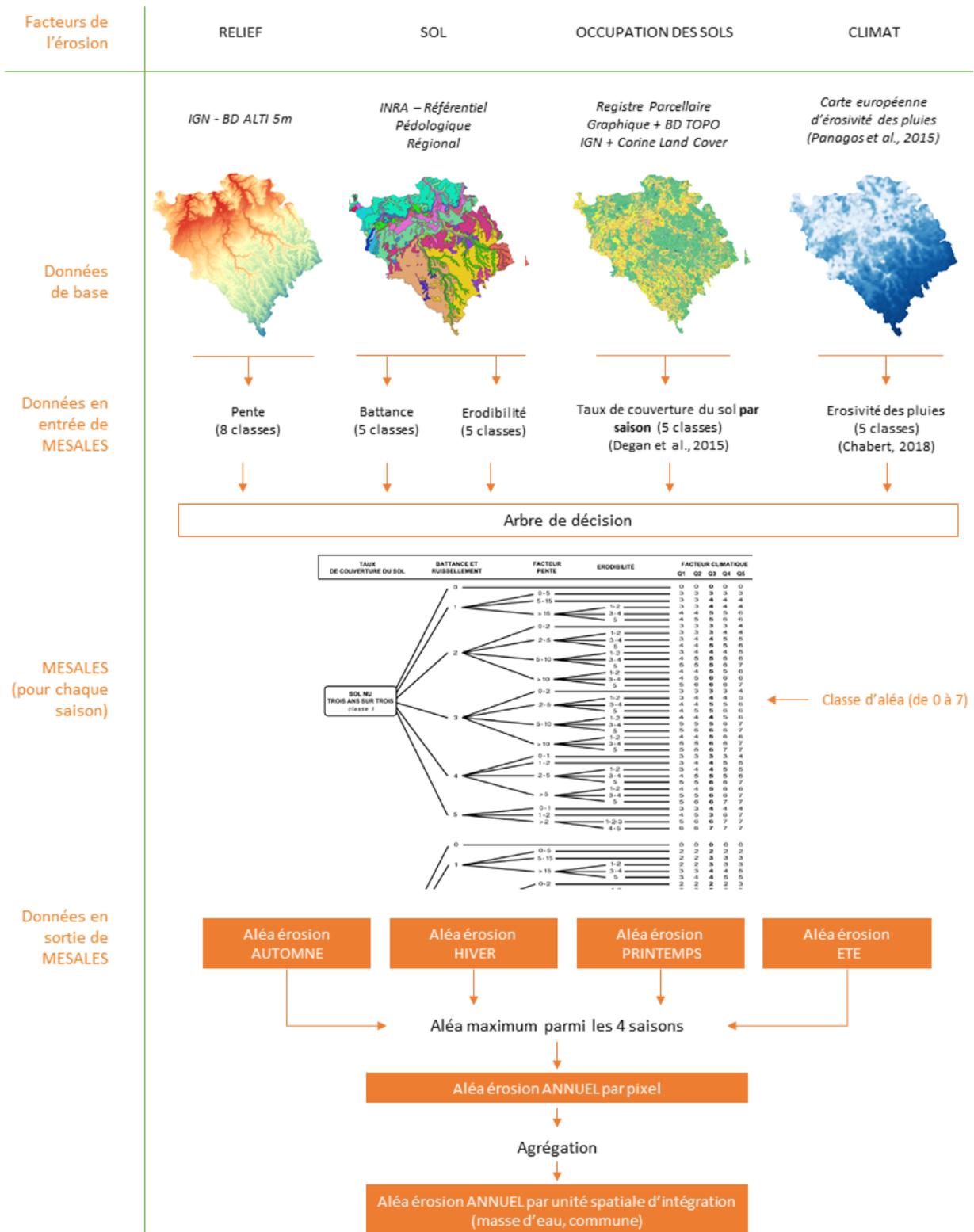


Figure 1 : Étapes de mise en œuvre du modèle MESALES.

2.2. DONNÉES DE BASE ET DONNÉES D'ENTRÉE DU MODÈLE

2.2.1. Occupation du sol

a) Présentation

Dans le modèle MESALES, l'occupation des sols est le premier facteur de l'érosion. La prise en compte de l'occupation du sol permet de répondre aux objectifs suivants :

- classifier le type d'occupation du sol pour prendre en compte les différences entre les cultures semées au printemps et celles semées en hiver ;
- fournir le changement d'occupation du sol sur plusieurs années consécutives ;
- avoir un rendu à l'échelle de la parcelle agricole.

Les données spatiales disponibles sur tout le territoire de l'EPAGE Sequana et qui répondent aux trois critères décrits sont :

- le Registre Parcellaire Graphique (RPG) ;
- Corine Land Cover ;
- la BD Carto.

Le **Registre Parcellaire Graphique** constitue la principale source d'information utilisée. Il donne des informations sur les cultures qui ont bénéficié des aides européennes pour une année donnée. Le RPG renseigne, entre autres, la culture dominante par îlot parcellaire (regroupement de parcelles). L'information était disponible sur trois ans : 2017-2018-2019.

La base **Corine Land Cover (CLC)** (version 2018) se fonde principalement sur l'interprétation d'images satellitaires et existe à l'échelle européenne. L'échelle de production est le 1/100 000^{ème}. La base CLC est employée dans les zones non renseignées par le RPG, notamment en zone urbaine.

La base de donnée **BD Carto** est la base des données cartographiques de référence, produite au 1/50 000^{ème} par l'IGN. Elle décrit notamment les infrastructures, les réseaux routiers et ferrés.

b) Méthodologie

La méthodologie établie dans le cadre de cette étude permet de rendre compte d'un état de protection du sol par la végétation vis-à-vis des pluies pour les 4 saisons (hivers, printemps, été, automne). En effet, les changements saisonniers des couvertures des sols agricoles, associés à l'aléa climatique de chaque saison, entraînent une évolution temporelle de la sensibilité à l'érosion des sols.

Le recouvrement des sols par les cultures sur les 4 saisons de l'année joue un rôle dans la protection des sols. C'est ce qu'on appelle le taux de recouvrement du sol par la végétation. Le taux de recouvrement est défini selon une classification développée dans le cadre de la cartographie de l'aléa érosif sur le bassin Loire-Bretagne (Degan *et al.*, 2015). **Le taux de recouvrement évolue au sein d'une même parcelle agricole en fonction de la croissance des plantes depuis le semi jusqu'à la récolte.** Il est donc nécessaire d'estimer un taux de couverture des terres arables selon le développement de la plante, **ici rentre une notion de saisonnalité.** C'est pour cette raison qu'un **recensement de chaque culture**

plantée est réalisé pour chaque parcelle. La spécificité du développement de chaque culture est ensuite prise en compte.

Pour ce faire, il est nécessaire de s'appuyer sur les données disponibles dans le RPG. Afin de prendre en compte les **rotations des cultures** d'une année sur l'autre, le RPG des 3 dernières années disponibles, c'est-à-dire 2017, 2018 et 2019 a été exploité.

L'analyse du RPG au droit du territoire de l'EPAGE Sequana a permis de mettre en évidence plusieurs cultures dominantes sur ces 3 dernières années dont les résultats sont présentés graphiquement ci-dessous (Figure 2).

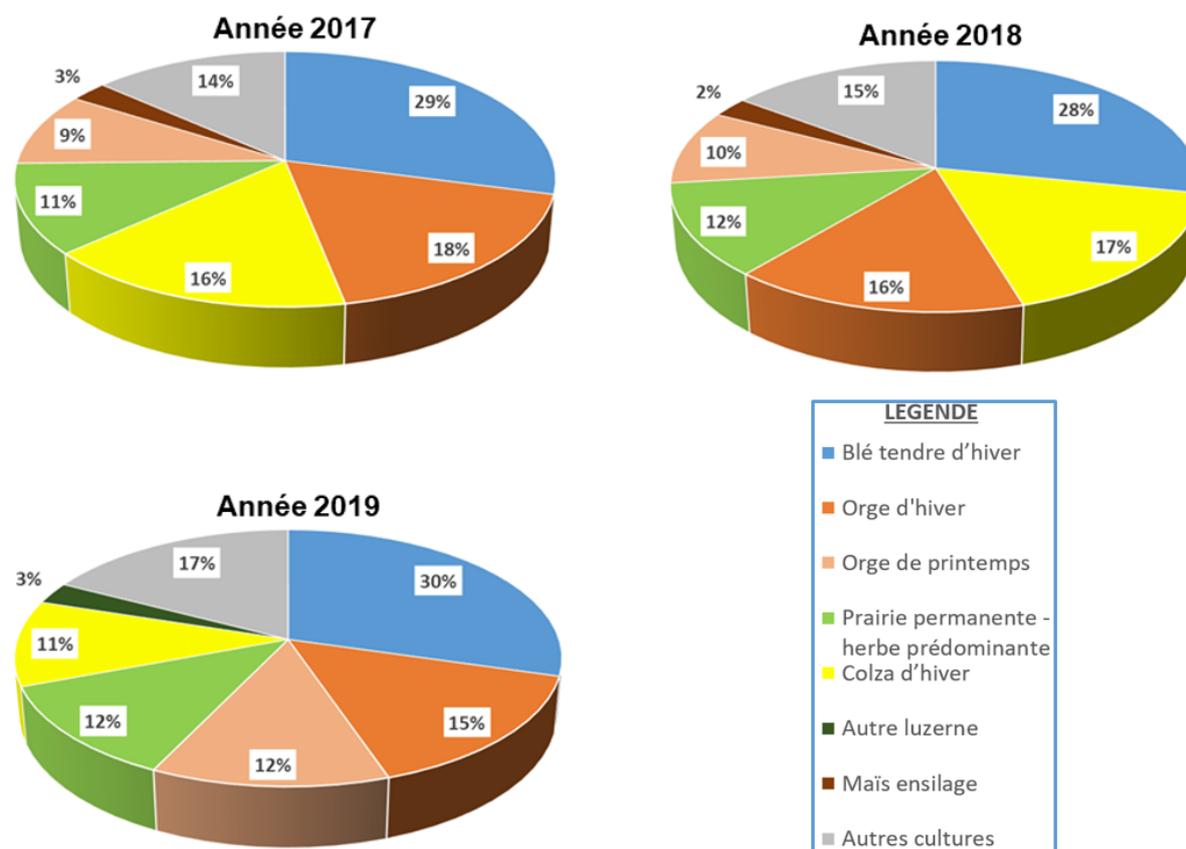


Figure 2 : Répartition des cultures par rapport à la surface cultivée sur le territoire de l'EPAGE Sequana.

Les céréales d'hivers (blé, orges et colza) sont les cultures dominantes. On note également qu'une **partie non négligeable des terres agricoles est occupée par des prairies permanentes.**

Il a été affecté un taux de couverture du sol pour chaque type de culture, par saison et par années disponibles dans le RPG (2017-2018-2019). Il s'agit de la première étape de la démarche concernant l'occupation des sols.

La définition du taux de couverture s'est appuyée sur les valeurs présentées dans le Tableau 2. Ces valeurs ont été définies en prenant en compte les spécificités du Territoire de l'EPAGE Sequana relatif au développement des cultures après échange avec l'EPAGE Sequana et la Chambre d'Agriculture de Côte-d'Or.

Le Tableau 2 permet de visualiser les différentes classes de recouvrement pour une culture donnée sur le territoire de l'EPAGE Sequana. Ces classes vont de 1 (couvert faible à nulle) à 3 (couvert végétal élevé). Les prairies sont distinguées des cultures et présentent une classe de couvert spécifique (valeur 7).

| | Hiver (Janvier - Février - Mars) | Printemps (Avril - Mai - Juin) | Été (Juillet - Aout - Septembre) | Automne (Octobre - Novembre - Décembre) | |
|-----------------------|---|--------------------------------------|---|--|----------|
| Blé | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 Faible |
| Orge hiver | 2 | 3 | 2 | 1 | |
| Orge printemps | 1 | 3 | 2 | 1 | |
| Colza | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 Moyen |
| Tournesol | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 Fort |
| Mais | 1 | 1 | 2 | 1 | |
| Pois / fève hiver | 1 | 2 | 1 | 1 | Semis |
| Pois / fève printemps | 1 | 2 | 1 | 1 | |
| Soja | 1 | 1 | 2 | 1 | |

Tableau 2 : Taux de recouvrement du sol par saison par la végétation pour les principales cultures recensées sur le périmètre d'étude.

Les cultures d'hiver du territoire de l'EPAGE Sequana présentent un couvert végétal maximal durant le printemps et l'été ce qui correspond à la période où les cultures ont fini leur croissance. Les saisons automne-hiver ont un couvert végétal faible voir nul, ce qui correspond globalement à la période entre les moissons et le levé des semis de l'année n+1 (courant du mois d'octobre).

Une fois cette classification des cultures réalisée pour chaque saison et pour les 3 années, ces trois années sont combinées par saison pour obtenir une carte saisonnière permettant d'obtenir un code à 3 chiffres pour chaque saison. Ce code est ensuite reclassé dans une nouvelle nomenclature présentée dans le Tableau 3. Il s'agit de la seconde étape de la démarche concernant l'occupation des sols.

| Combinaisons du taux de couverture par année et par saison | | | | | | | | | | | | | | | Taux de couverture par saison de 2017 à 2019 | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|---|
| 111 | 110 | 101 | 11 | 10 | 1 | 100 | | | | | | | | | | 1 |
| 112 | 113 | 117 | 120 | 131 | 130 | 171 | 102 | 121 | 170 | 103 | 107 | 211 | 210 | | | 2 |
| 201 | 200 | 311 | 310 | 301 | 711 | 710 | 701 | 12 | 13 | 17 | 21 | 20 | 31 | 71 | 2 | 2 |
| 122 | 123 | 127 | 133 | 137 | 172 | 173 | 212 | 132 | 177 | 213 | 217 | 221 | 231 | | | 3 |
| 271 | 312 | 313 | 321 | 331 | 371 | 712 | 717 | 317 | 713 | 721 | 731 | 771 | | | | 3 |
| 222 | 223 | 227 | 232 | 233 | 237 | 230 | 273 | 220 | 272 | 277 | 270 | 202 | 203 | 207 | | 5 |
| 322 | 323 | 327 | 332 | 333 | 337 | 372 | 373 | 300 | 302 | 303 | 320 | 330 | | | | 5 |
| 722 | 723 | 727 | 732 | 733 | 772 | 702 | 720 | | | | | | | | | 5 |
| 22 | 23 | 27 | 32 | 33 | 30 | 72 | 3 | | | | | | | | | 5 |
| 377 | 737 | 773 | 777 | 370 | 307 | 730 | 770 | 703 | 707 | 700 | 37 | 73 | 77 | 70 | 7 | 7 |

Tableau 3 : Code couverture issu de la classification du code à trois chiffres, obtenu pour chaque saison, suite à la combinaison des trois années du RPG (2017-2018-2019).

Chaque code correspond à un type de taux de couverture triennale dont les libellés sont présentés dans le Tableau 4.

| Taux de couverture par saison de 2017 à 2019 | Libellé |
|--|-------------------------------------|
| 1 | Sol nu 3/3 ans |
| 2 | Sol nu 2/3 ans |
| 3 | Sol nu 1/3 ans |
| 5 | Sol semi-couvert et couvert 3/3 ans |
| 6 | Espace naturel dégradé |
| 7 | Prairie et pâturages |
| 8 | Forêt |
| 11 | Zone urbanisée |
| 55 | Étendue d'eau et zone humide |

Tableau 4 : Libellés des différents taux de couverture par saison.

Pour prendre en compte les surfaces agricoles non représentées dans le RPG et les occupations du sol non agricoles (zones urbanisées, forêts etc.), un traitement de la base de données Corine Land Cover et de la BD Carto (pour les réseaux routiers et ferrés) a été réalisé. Il s'agit de la troisième étape de la démarche concernant l'occupation des sols.

Ainsi pour chaque zone non recouverte par le RPG, les données sont obtenues dans Corine Land Cover et dans la BD Carto via la nomenclature qui organise ces bases de données. Une correspondance a été mise en place en mettant en relation les différentes classes présentes dans ces nomenclatures et les classes du taux de couverture du sol (Tableau 5).

| CLC & BD carto | Libellé | Correspondance Taux de couverture |
|--|---------|-----------------------------------|
| Tissu urbain continu | 111 | 11 |
| Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés | 122 | 11 |
| Espaces verts urbains | 141 | 11 |
| Équipements sportifs et de loisirs | 142 | 11 |
| Territoires agricoles | 200 | 3 |
| Terres arables | 210 | 3 |
| Terres arables hors périmètres d'irrigation | 211 | 3 |
| Cultures permanentes | 220 | 1 |
| Vignobles | 221 | 1 |
| Vergers et petits fruits | 222 | 1 |
| Prairies | 230 | 7 |
| Prairies | 231 | 7 |
| Zones agricoles hétérogènes | 240 | 5 |
| Cultures annuelles associées aux cultures permanentes | 241 | 5 |
| Systèmes culturaux et parcellaires complexes | 242 | 5 |
| Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants | 243 | 5 |
| Territoires agro-forestiers | 244 | 5 |
| Forêts | 310 | 8 |

Tableau 5 : Reclassification des bases Corine Land Cover et BD Carto selon le taux de couverture du sol.

Un schéma explicatif est présenté sur la Figure 3 afin de mieux visualiser le déroulement des différentes étapes de la méthodologie permettant d'obtenir le taux de couverture saisonnier du territoire de l'EPAGE Sequana.

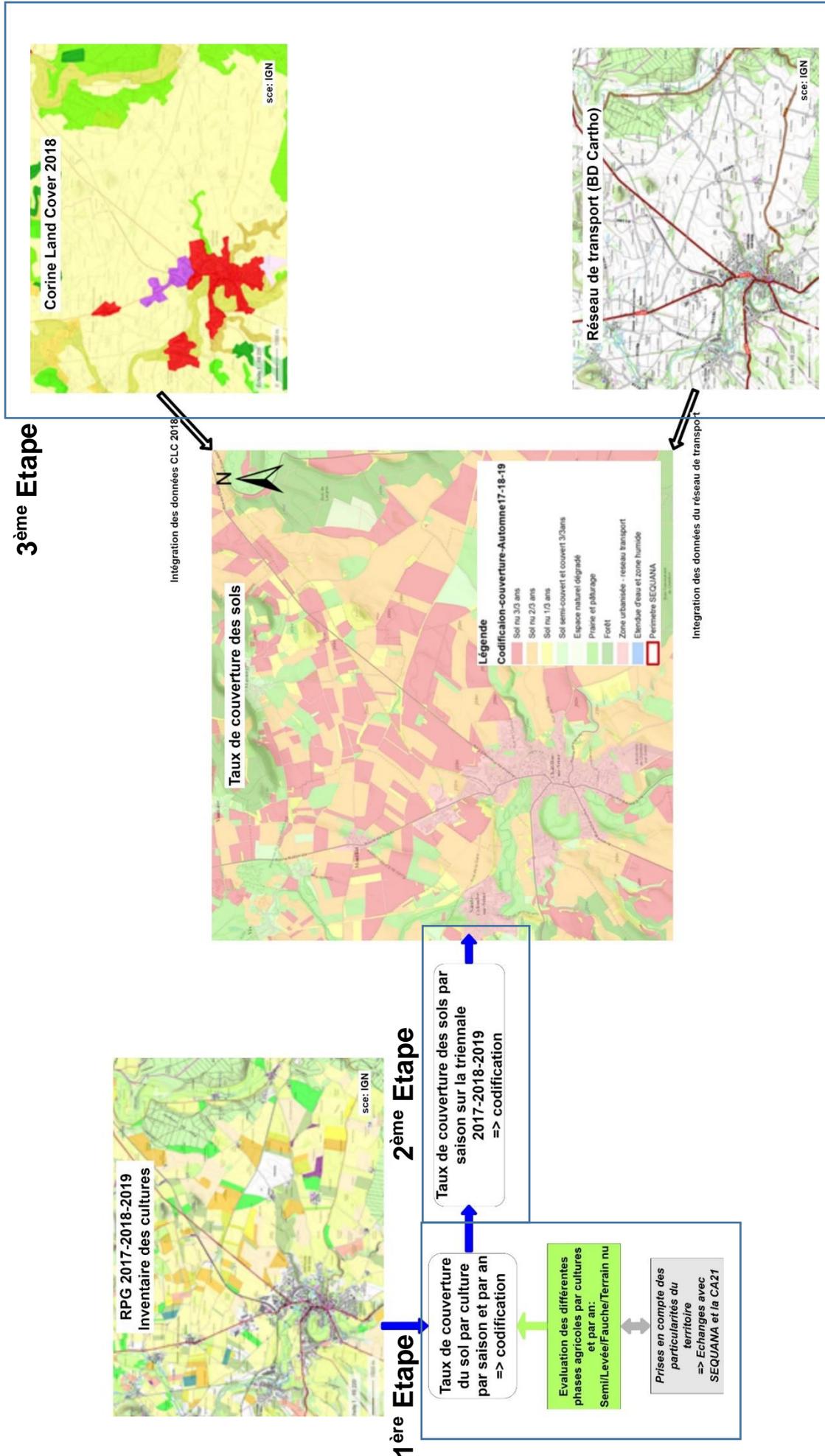
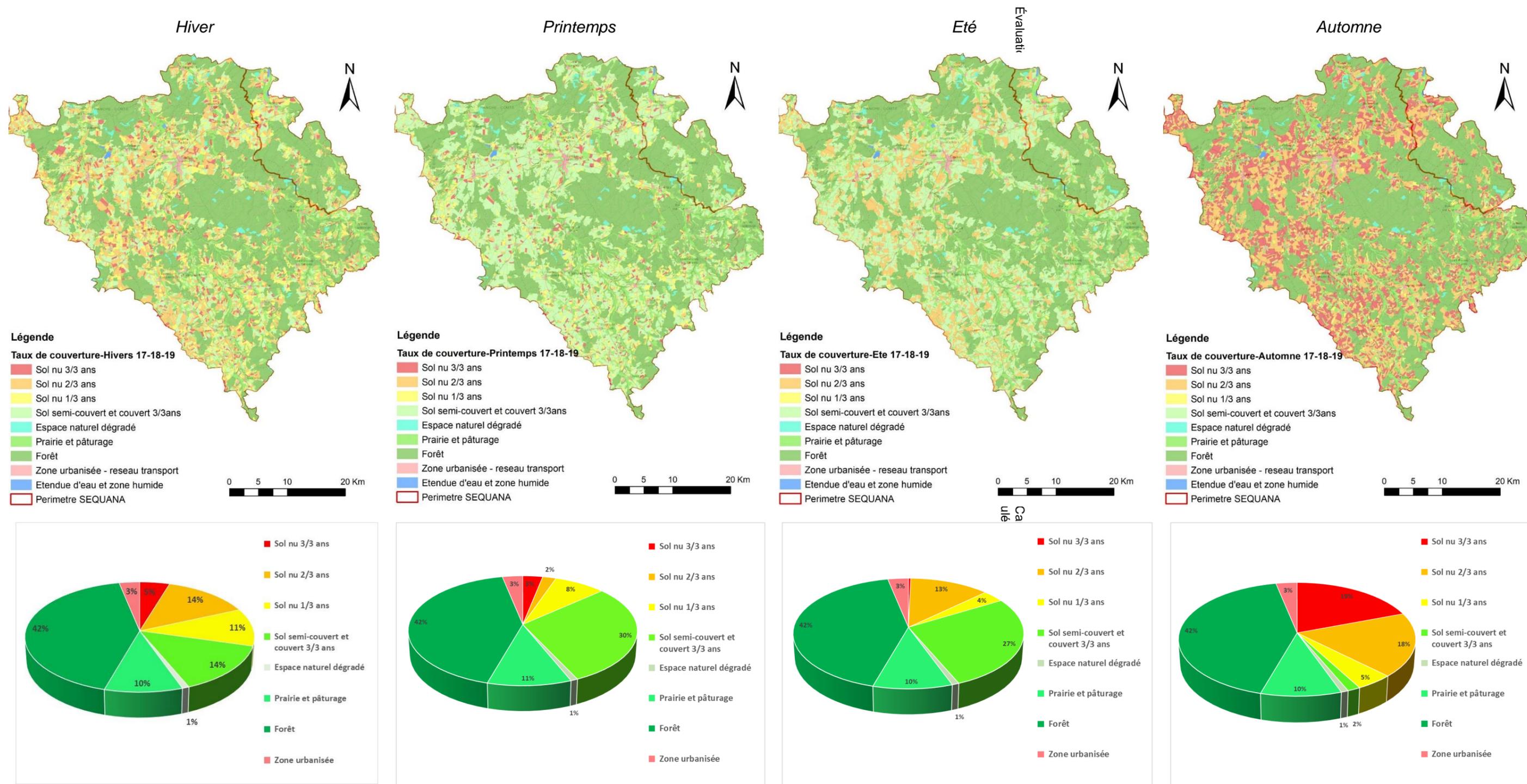


Figure 3 : Schéma explicatif de la méthode de codification du taux de couverture saisonnière des sols du Territoire de l'EPAGE Sequana.



52 % des sols du territoire de l'EPAGE Sequana sont recouverts en permanence par des végétaux : 42 % correspondent à de la forêt et 10 % correspondent à de la prairie permanente (Figure 4).

Le reste de la surface est occupé à hauteur de 3 % par les zones urbanisées et les 45 % du territoire restant correspondent à des terrains agricoles. Les proportions des différentes classes de sol nu (1/3 ans, 2/3 ans, 3/3 ans) évoluent suivant les saisons :

- l'hiver :
 - au maximum 30 % du territoire est nu : 5 % en permanence (à chaque hiver) et 25 % en intermittence (selon la rotation des cultures),
 - 14 % du territoire est semi couvert ou couvert 3/3 ans ;
- le printemps :
 - au maximum 13 % du territoire est nu : 3 % en permanence et 10 % en intermittence selon la rotation des cultures,
 - 30 % du territoire est semi couvert ou couvert 3/3 ans ;
- l'été :
 - au maximum 17 % du territoire est nu en intermittence selon le roulement des cultures,
 - 27 % du territoire est semi couvert ou couvert 3/3 ans ;
- l'automne :
 - au maximum 42 % du territoire est nu : 19 % en permanence et 23 % par intermittence,
 - 2 % du territoire est semi couvert ou couvert 3/3 ans.

L'automne est la saison pour laquelle la couverture du sol par la végétation est la plus faible, suivi de l'hiver. *À contrario*, les périodes printanières et estivales sont les saisons présentant le plus de couvert végétal, en lien avec la croissance des cultures d'hiver, majoritaires sur le territoire.

Les périodes les plus sensibles d'un point de vue de l'occupation des sols se situent donc en automne/hiver. Au regard de ce paramètre, les surfaces érodibles sont donc les plus élevées durant ces deux saisons.

2.2.2. Le sol

La nature du sol est le second facteur de l'érosion, au travers de sa sensibilité à la battance et de son érodibilité. La battance est une dégradation liée à l'instabilité structurale des sols en surface qui entraîne une diminution importante de l'infiltrabilité et de la rugosité des sols. Elle engendre une érosion diffuse lors du ruissellement puis, en cas de concentration des flux, la formation de ravines. L'érodibilité correspond à la stabilité et à la cohésion des sols, c'est-à-dire, à la résistance au cisaillement et à leur plus ou moins grande facilité à être mobilisés par le ruissellement.

Sur le périmètre de l'EPAGE Sequana, seul le Référentiel Régional Pédologique (RRP) de Bourgogne Franche-Comté fournit une cartographie homogène des sols et de leurs propriétés. Cette cartographie est produite au 1/250 000^{ème} et couvre la quasi-totalité du territoire d'étude (couverture complète sur les départements de la Côte d'Or et de l'Yonne). Sur la fraction non

couverte, située sur le département de la Haute-Marne, la cartographie géologique au 1/50 000^{ème} du BRGM a été utilisée pour approximer à dire d'expert la cartographie des sols et de leurs propriétés (Figure 5).

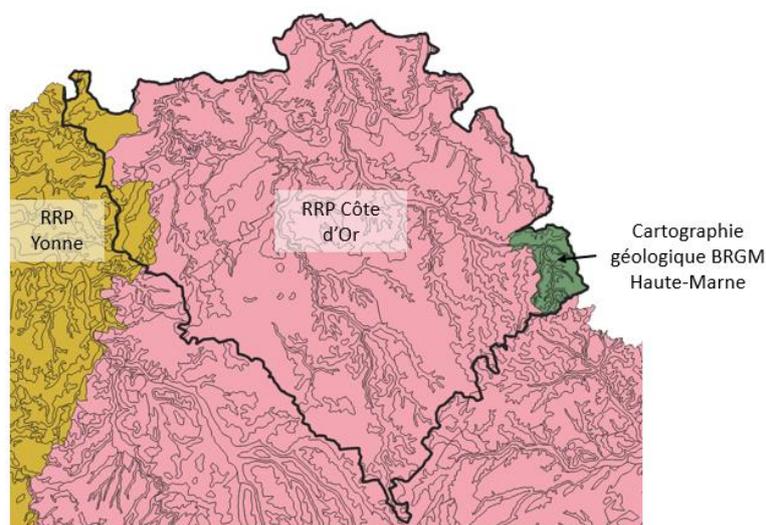


Figure 5 : Couverture du RRP de Bourgogne Franche-Comté sur le territoire de l'EPAGE Sequana. La cartographie géologique de la Haute-Marne a été utilisée pour couvrir la portion du territoire située en Haute-Marne.

Le RRP se présente sous la forme d'une cartographie des Unités Cartographiques de Sol (UCS) dans lesquelles sont regroupées un ou plusieurs types de sols appelés unités typologiques de sol (UTS) (Figure 6). Une UCS (également appelée pédopaysage) est une portion de l'espace où les facteurs de pédogenèse (géologie, relief, végétation, climat) sont homogènes. Une UTS est une portion de la couverture pédologique qui présente les caractères d'une pédogenèse identique et qui présente en tout lieu de l'espace la même succession d'horizons (ou strates). Une strate est une variation dans l'espace d'un horizon ou d'une couche issue d'un horizon ou d'un regroupement de plusieurs horizons et, est caractérisée par des propriétés physico-chimiques.

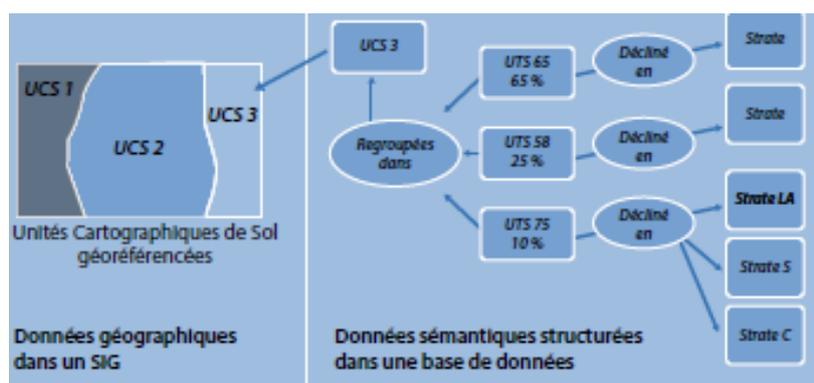


Figure 6 : Organisation des principaux objets pédologiques (UCS, UTS, strates, profils et horizons) dans le Référentiel Régional Pédologique.

Dans le RRP, chaque strate est caractérisée par des propriétés physico-chimiques telles que la texture ou encore l'abondance en éléments grossiers (> 2 mm). Sur la base de ces deux variables, des règles de pédotransfert ont été élaborées (Cerdan *et al.*, 2006) pour déduire la

battance et l'érodibilité. Cinq classes de sensibilité à la battance et d'érodibilité ont été projetées sur le triangle des textures (Figure 7).

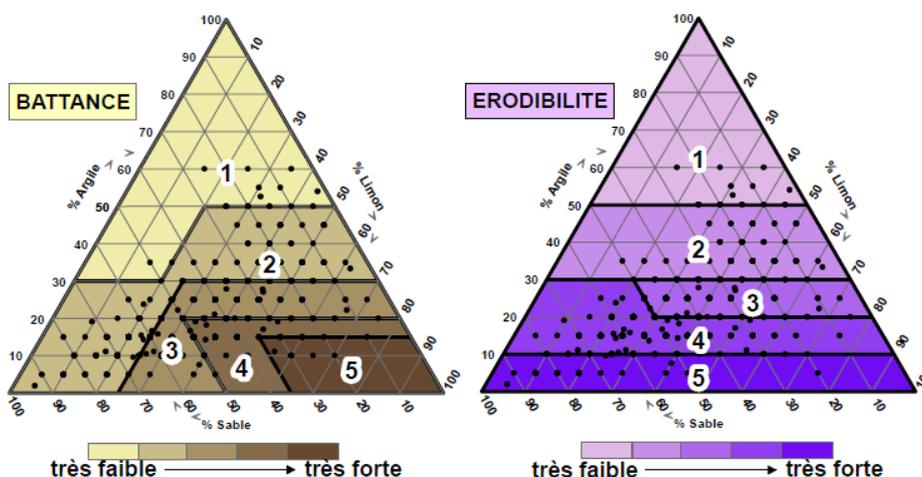


Figure 7 : Règle de pédotransfert permettant de convertir les données texturales en classes de battance et d'érodibilité par projection dans les triangles de texture redécoupés en 5 classes de sensibilité ; 1 : très faible, 2 : faible, 3 : moyenne, 4 : forte, 5 : très forte.

Sur la base de ces règles, une classe de sensibilité à la battance et une classe d'érodibilité ont été affectées à chaque texture (Tableau 6). L'érodibilité est diminuée d'une classe lorsque la teneur en éléments grossiers dépasse les 30 %.

| Texture GEPPA | Description | Sensibilité à la battance | Erodibilité |
|---------------|------------------------|---------------------------|-------------|
| A | Argile | 1 | 1 |
| Al | Argile limoneuse | 2 | 2 |
| Als | Argile limono-sableuse | 2 | 2 |
| La | Limono-argileux | 3 | 3 |
| LAS | Limono-argilo-sableux | 3 | 3 |
| LSa | Limono-sablo-argileux | 4 | 4 |
| Sal | Sablo-argilo-limoneux | 3 | 4 |

Tableau 6 : Sensibilité à la battance et érodibilité des différentes textures observées sur le périmètre d'étude.

La transformation de la cartographie des UCS (Figure 8) en cartographies de sensibilité à la battance et d'érodibilité de l'horizon de labour est réalisée en plusieurs étapes décrites ci-après.

Dans un premier temps, la texture dominante (classification GEPPA) et la teneur en éléments grossiers des strates superficielles (0 – 30 cm ; assimilable à l'horizon de labour) ont été extraites puis rattachées à chaque UTS.

Dans un second temps, la surface de chaque UTS au sein d'une UCS a été extraite. La texture dominante et la teneur en éléments grossiers de l'UTS occupant la surface la plus élevée sont ensuite affectés à l'UCS (Figure 9 et Figure 10). La cartographie de sensibilité à la battance (Figure 11) et d'érodibilité (Figure 12) sont finalement produites sur la base des règles de pédotransfert.

Évaluation du risque ruissellement et coulée de boue sur le territoire de l'EPAGE Sequana - Cartographie de l'aléa et du risque ruissellement et coulée de boue

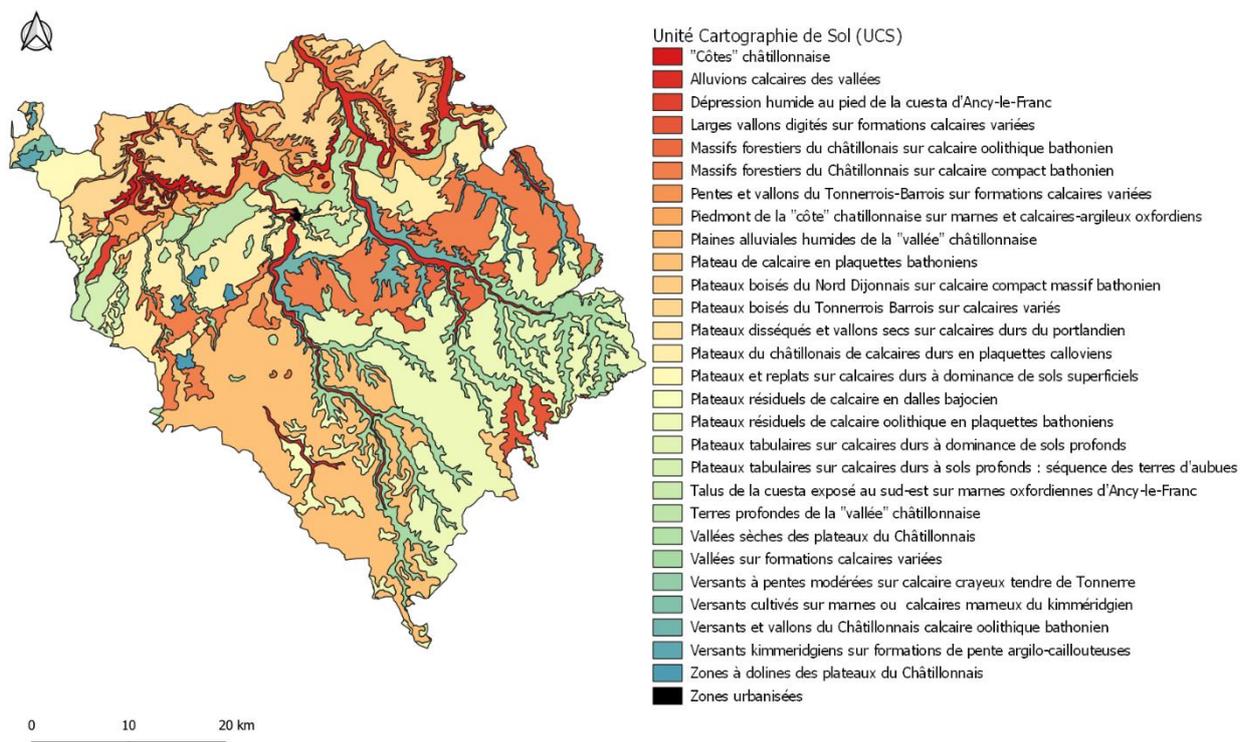


Figure 8 : Cartographie des Unité Cartographique de Sol (UCS).

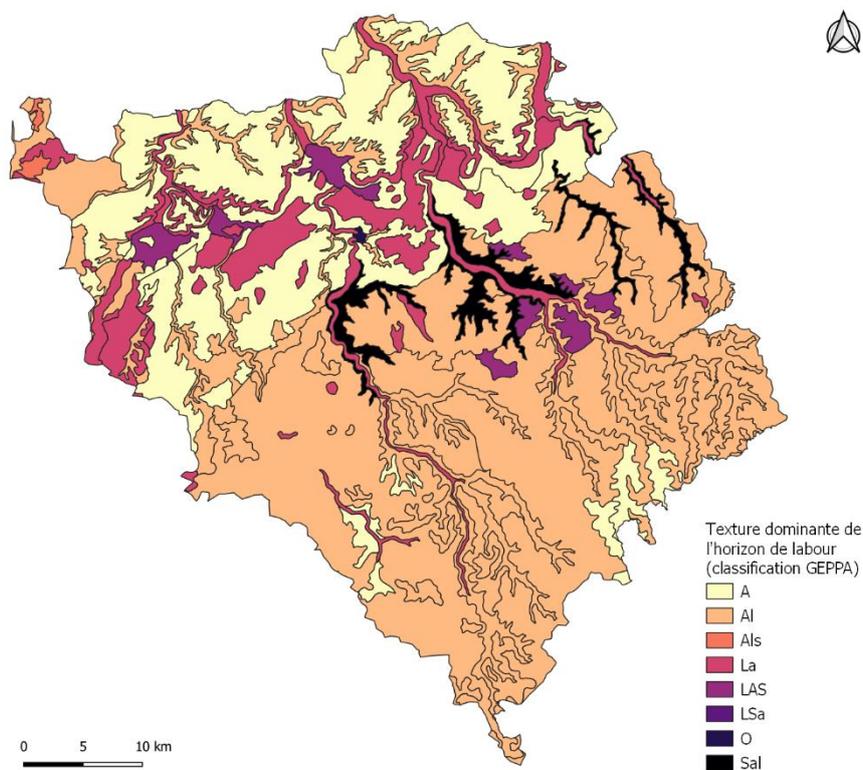


Figure 9 : Cartographie de la texture dominante de l'horizon de labour.

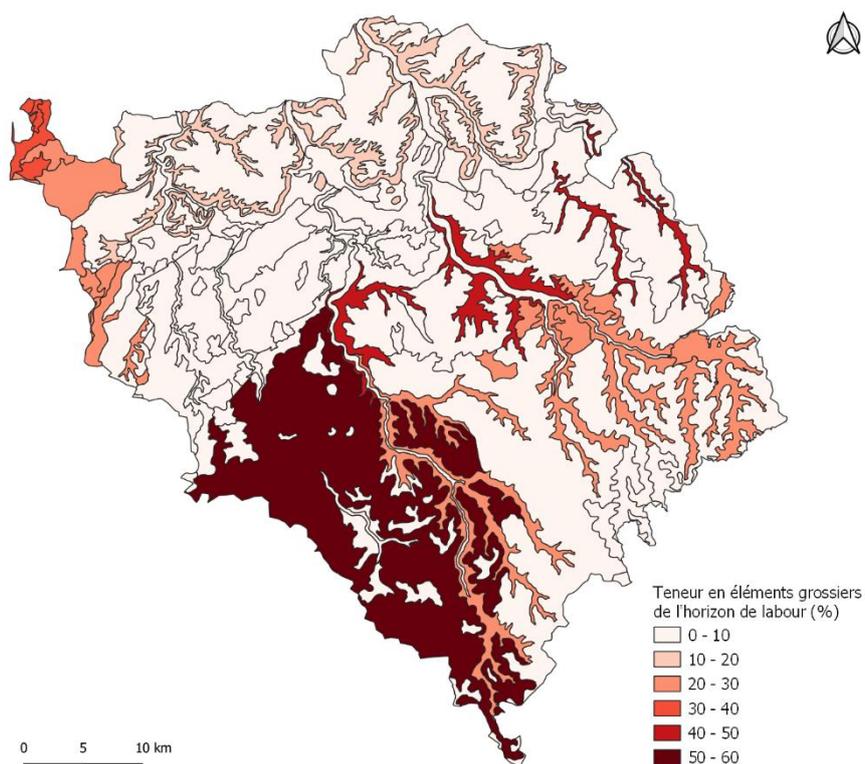


Figure 10 : Cartographie de la teneur en éléments grossiers de l'horizon de labour.

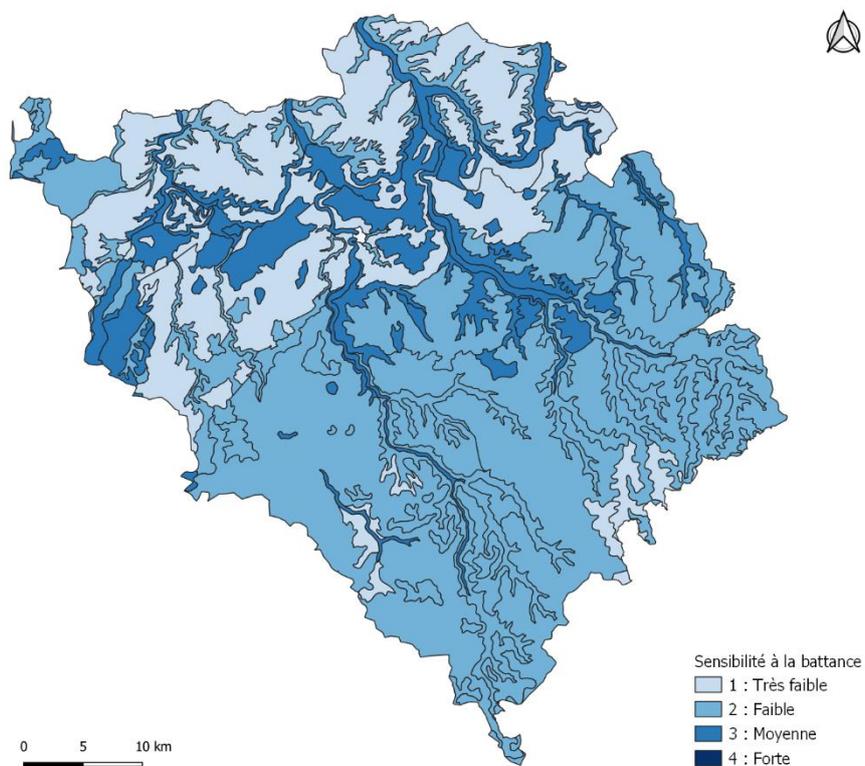


Figure 11 : Cartographie de la sensibilité à la battance.

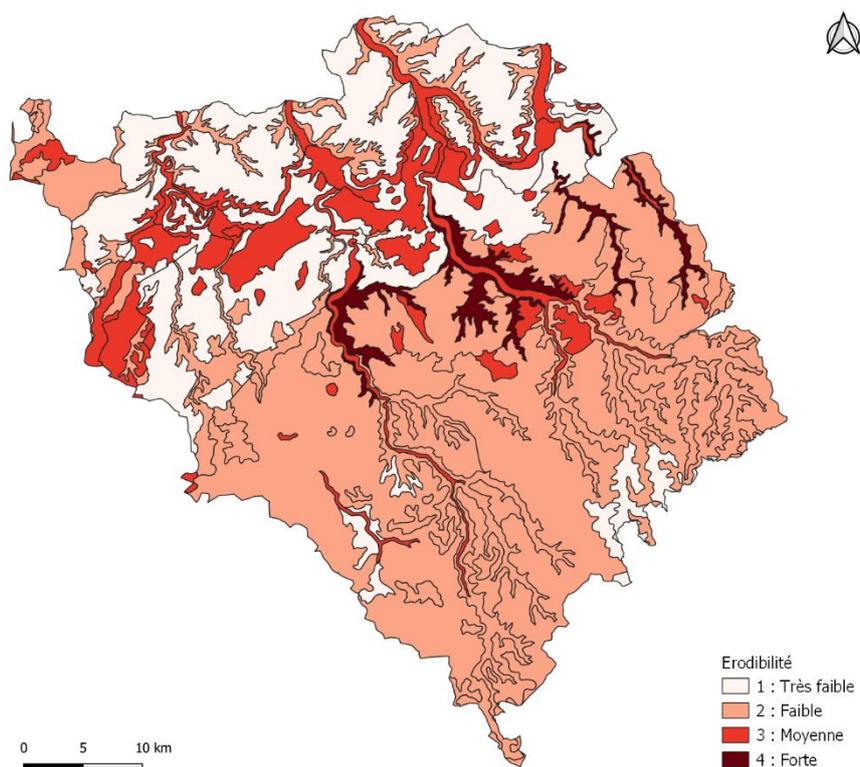


Figure 12 : Cartographie de l'érodibilité du sol.

2.2.3. Le relief

Le relief constitue le troisième facteur de l'érosion, au travers de la variable pente. Sur le périmètre de l'étude, le relief est décrit par un Modèle Numérique de Terrain (MNT) obtenu auprès de l'IGN (RGE ALTI 5m). Un MNT est une représentation de la topographie de la surface du sol sous forme de mailles (ou pixels) de 5 m par 5 m dont l'altitude du sol est renseignée en mètre NGF pour chacune d'entre elles (Figure 13). Cette résolution de 5 m constitue la résolution des données d'entrée et de sortie du modèle MESALES.

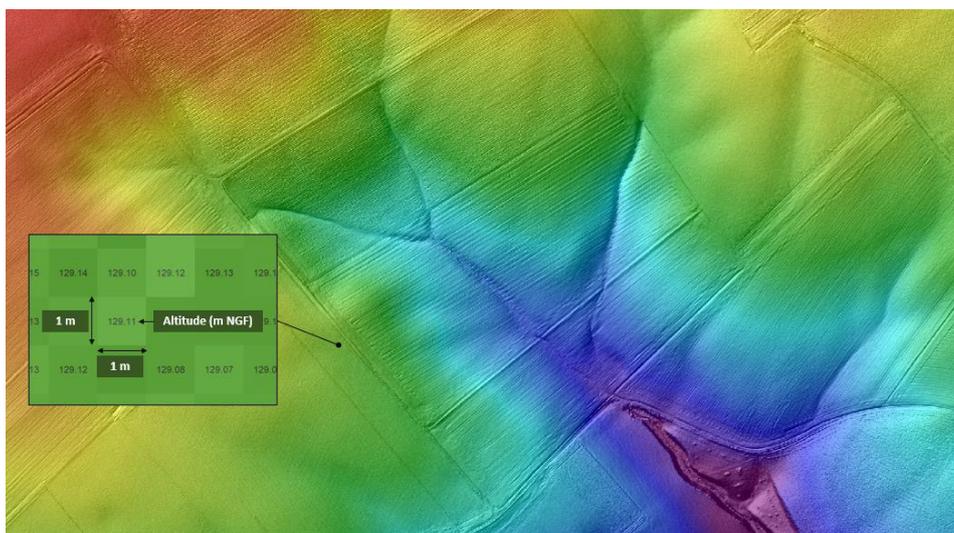


Figure 13 : Représentation d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT).

La qualité du MNT est contrôlée à l'aide d'un ombrage (éclairage hypothétique d'une surface en déterminant les valeurs d'éclairage de chaque maille du MNT). Ce contrôle a permis de révéler que le MNT correspondait à un assemblage de plusieurs MNT de résolutions différentes (5 m dans les vallées et 25 m sur les versants). La fusion de ces deux MNT a pour conséquence la présence de raccords aux limites de chacun (Figure 14). Ces raccords sont problématiques car ils génèrent des ruptures de pente inexistantes sur le terrain (Figure 15).

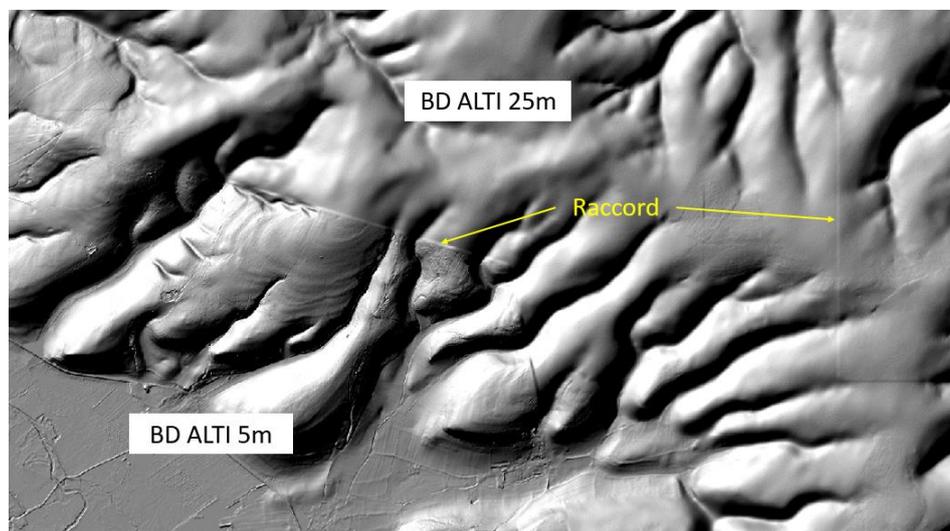


Figure 14 : Détection par ombrage des raccords de MNT.

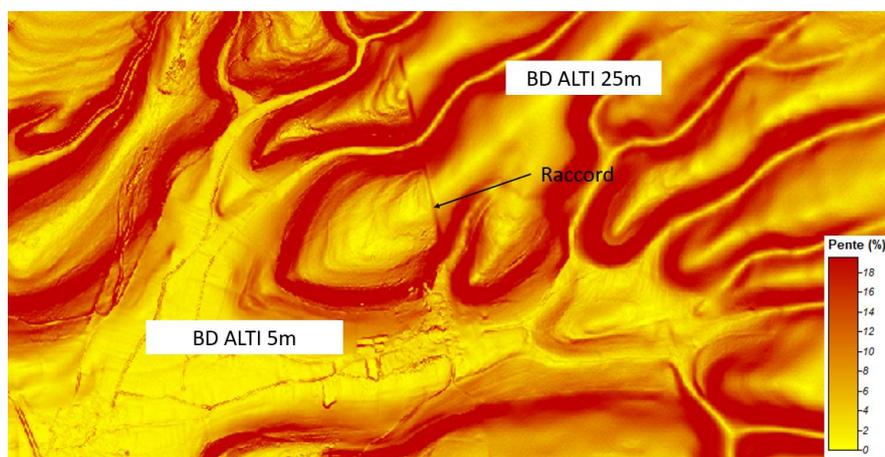


Figure 15 : Rupture de pente au niveau des raccords.

Pour supprimer ces artefacts, le MNT a été lissé à l'aide d'un filtrage des altitudes sur un rayon de 50 m. Le rayon de 50 m a été obtenu par itération, jusqu'à gommer complètement les raccords (Figure 16).

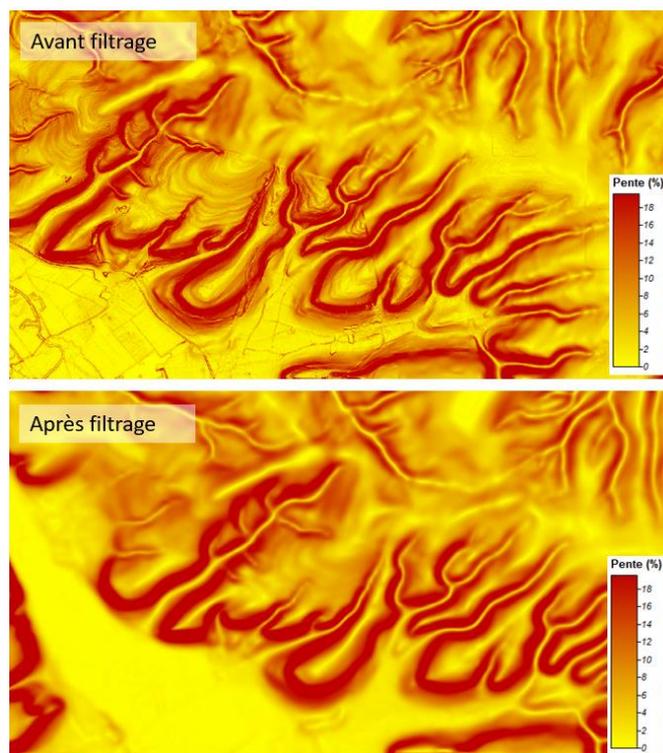


Figure 16 : Comparaison de la cartographie des pentes avant et après filtrage.

Une fois le MNT « corrigé », les pentes ont été calculées puis réparties en 8 classes, chacune avec un code (allant de 0 à 75). Les classes de pentes ont ensuite été pondérées par l'aire drainée selon le tableau de combinaison développé par Desprats *et al.* (2006) (Tableau 7), afin de majorer l'effet de la pente sur les mailles concentrant le ruissellement et pouvant générer de l'érosion concentrée.

| Valeur de pente | Classe de pente | Aire drainée | | |
|-----------------|-----------------|--------------|--------------|---------|
| | | < 1ha | de 1 à 20 ha | > 20 ha |
| 0 à 1 % | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 1 à 2 % | 1 | 1 | 2 | 5 |
| 2 à 5 % | 2 | 2 | 5 | 10 |
| 5 à 10 % | 5 | 5 | 10 | 15 |
| 10 à 15 % | 10 | 10 | 15 | 30 |
| 15 à 30 % | 15 | 15 | 30 | 30 |
| 30 à 75 % | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Plus de 75 % | 75 | 75 | 75 | 75 |

Tableau 7 : Tableau de combinaisons des classes de pente et des classes d'aire drainée.

La distribution des surfaces occupées par chaque classe de pente est présentée sur le Tableau 8. Environ 50 % de la surface d'étude est occupée par des pentes inférieures à 5 %, principalement observables dans les « Bas Plateaux » et dans la « Plaine du Châtillonnais » (Figure 17). Les pentes les plus élevées (> 10 %) occupent 22,7 % de la surface du territoire, et sont situées principalement au nord du territoire au niveau de « La Cuesta » et au sud au niveau de « La Montagne », sur les flancs des vallées.

| Classe de pente | 0 à 1 % | 1 à 2 % | 2 à 5 % | 5 à 10 % | 10 à 15 % | 15 à 30 % | 30 à 75 % | Plus de 75 % |
|-------------------------------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Pourcentage du territoire (%) | 4.4 | 10.6 | 35.8 | 26.6 | 11.6 | 10.0 | 1.1 | 0.0 |

Tableau 8 : Distribution des pentes sur le périmètre de l'étude.

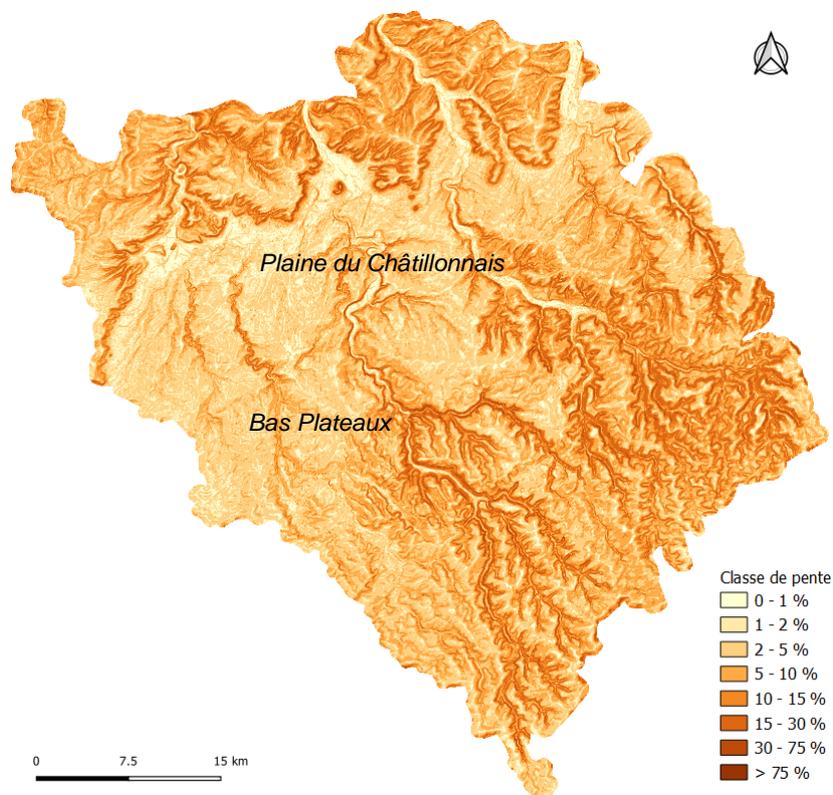


Figure 17 : Cartographie des pentes sur le périmètre d'étude en 8 classes (pentes pondérées par l'aire drainée).

2.2.4. Le climat

Le climat est le quatrième facteur de l'érosion, au travers de l'érosivité des pluies. Les données pluviométriques sont collectées à partir de la cartographie européenne de l'érosivité des pluies par saison (Ballabio *et al.*, 2017; Panagos *et al.*, 2015). Cette carte exprime l'énergie érosive de la pluie fonction du cumul de pluie et de l'intensité de la pluie. L'érosivité de la pluie est exprimée en $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{an}^{-1}$.

Ces cartographies ont été construites à partir de la base de données sur l'érosivité des précipitations à l'échelle européenne (REDES). Cette base de données comprend des données de précipitation à haute résolution temporelle réparties sur 1 675 stations pluviométriques au sein de l'Union européenne (UE) et de la Suisse.

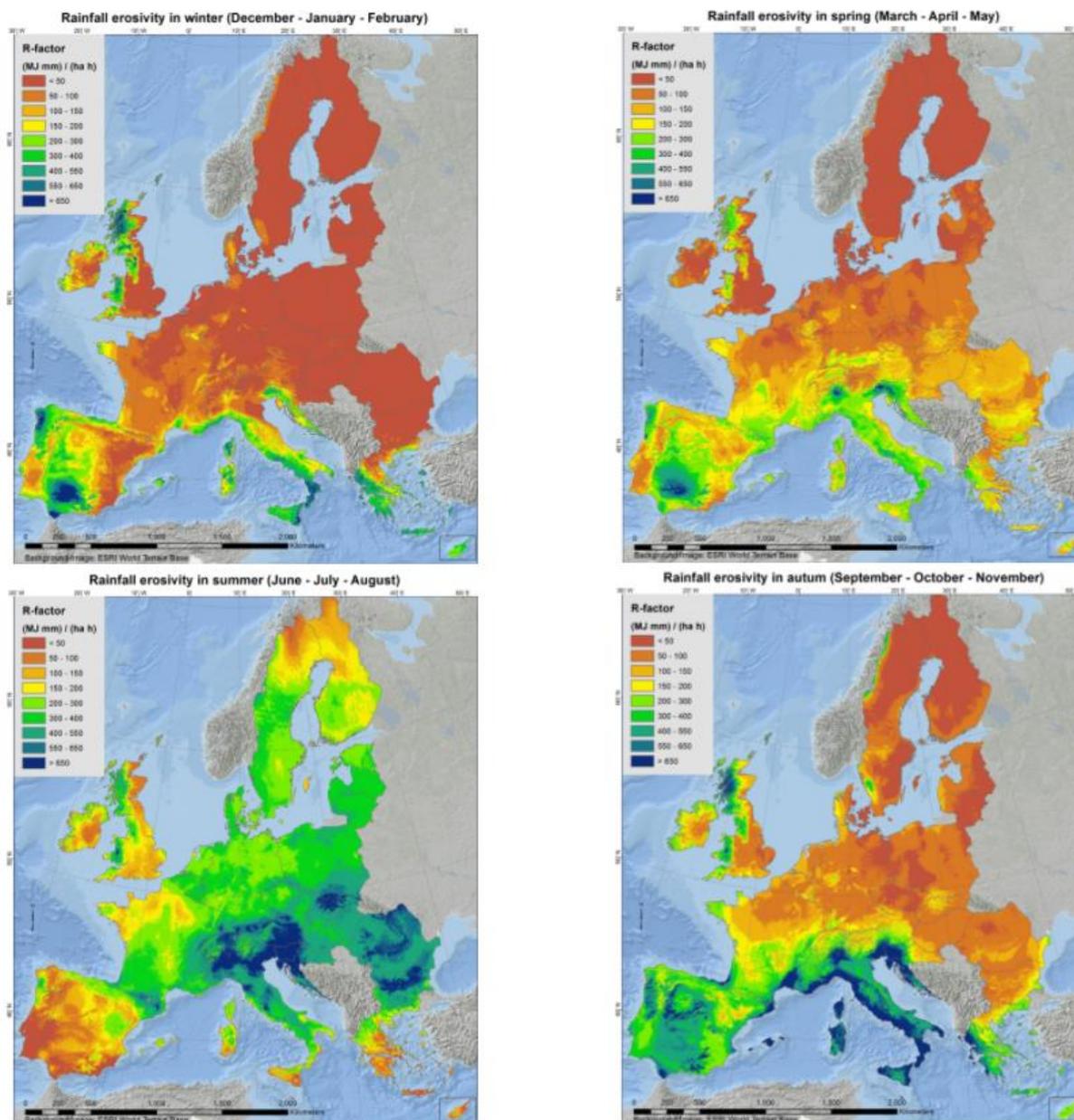


Figure 18 : Cartographie saisonnière de l'érosivité des pluies à l'échelle européenne (Ballabio et al., 2017).

L'utilisation de ces cartographies constitue une amélioration du modèle MESALES. Initialement, l'érosivité des pluies par saison était calculée à partir de la base de données SAFRAN ou AURHELY de Météo-France. L'intégration de ces nouvelles cartographies dans MESALES a été réalisée par (Chabert, 2019). L'auteur a établi, à dire d'expert, cinq classes d'érosivité des pluies pour le calcul de l'aléa érosion dans l'arbre de décision (Tableau 9). Les cartographies d'érosivité saisonnière des pluies sont présentées sur la Figure 19. Sur le territoire d'étude, seules les classes Q1 et Q2 sont représentées. L'érosivité des pluies est minimum en hiver (classe Q1 uniquement), maximum en été (classe Q2 uniquement) et mixte au printemps et à l'automne (classes Q1 et Q2).

| Classe érosivité | Erosivité min (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ an ⁻¹) | Erosivité max (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ an ⁻¹) |
|------------------|---|---|
| Q1 | 0 | 100 |
| Q2 | 100 | 300 |
| Q3 | 300 | 700 |
| Q4 | 700 | 1000 |
| Q5 | 1000 | Inf |

Tableau 9 : Classes d'érosivité selon les travaux de Chabert (2019).

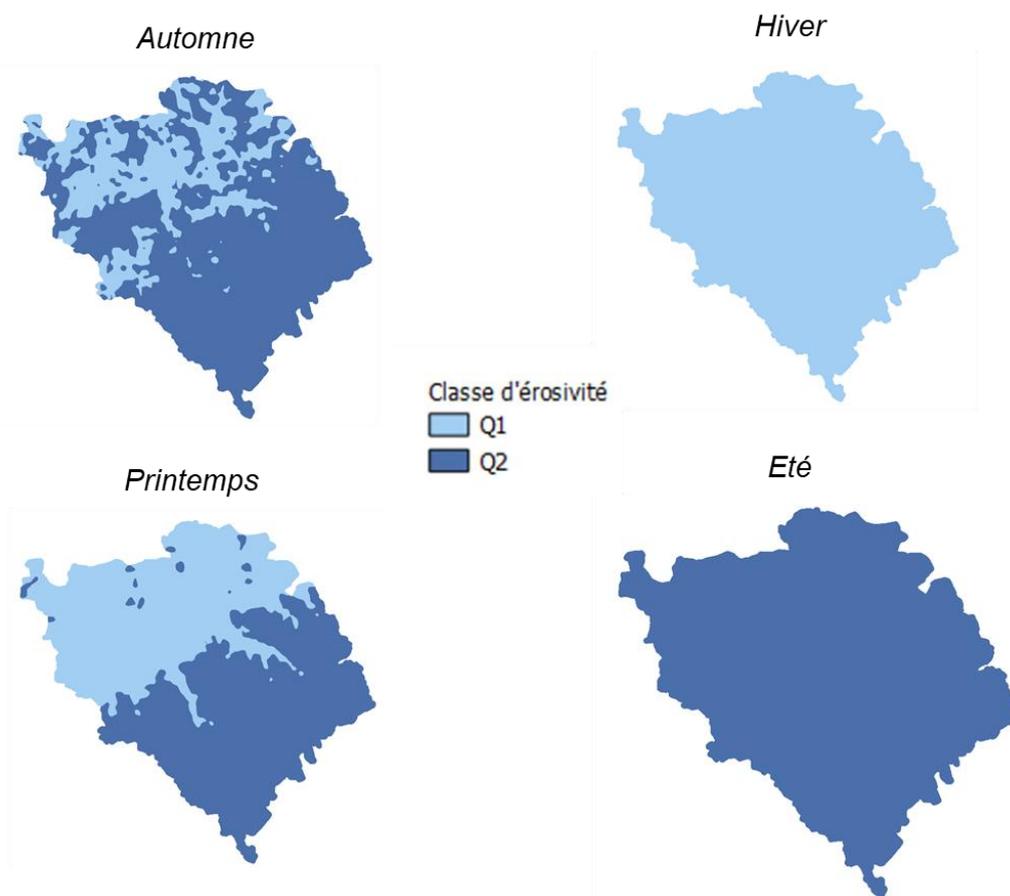


Figure 19 : Cartes saisonnières d'érosivité des pluies sur le périmètre d'étude.

2.3. APPLICATION DU MODÈLE MESALES

Dans le modèle MESALES, les facteurs sont combinés grâce à une hiérarchie de conditions, qui détermine les classes d'aléa. L'ensemble des conditions est organisé sous forme d'un arbre de décision, où à chaque combinaison des facteurs érosifs est affecté un des cinq niveaux d'aléa (Figure 21 et Figure 20). Au préalable à l'application du modèle, les données d'entrée ont été maillées à la résolution du MNT (maille de 5 m par 5 m).

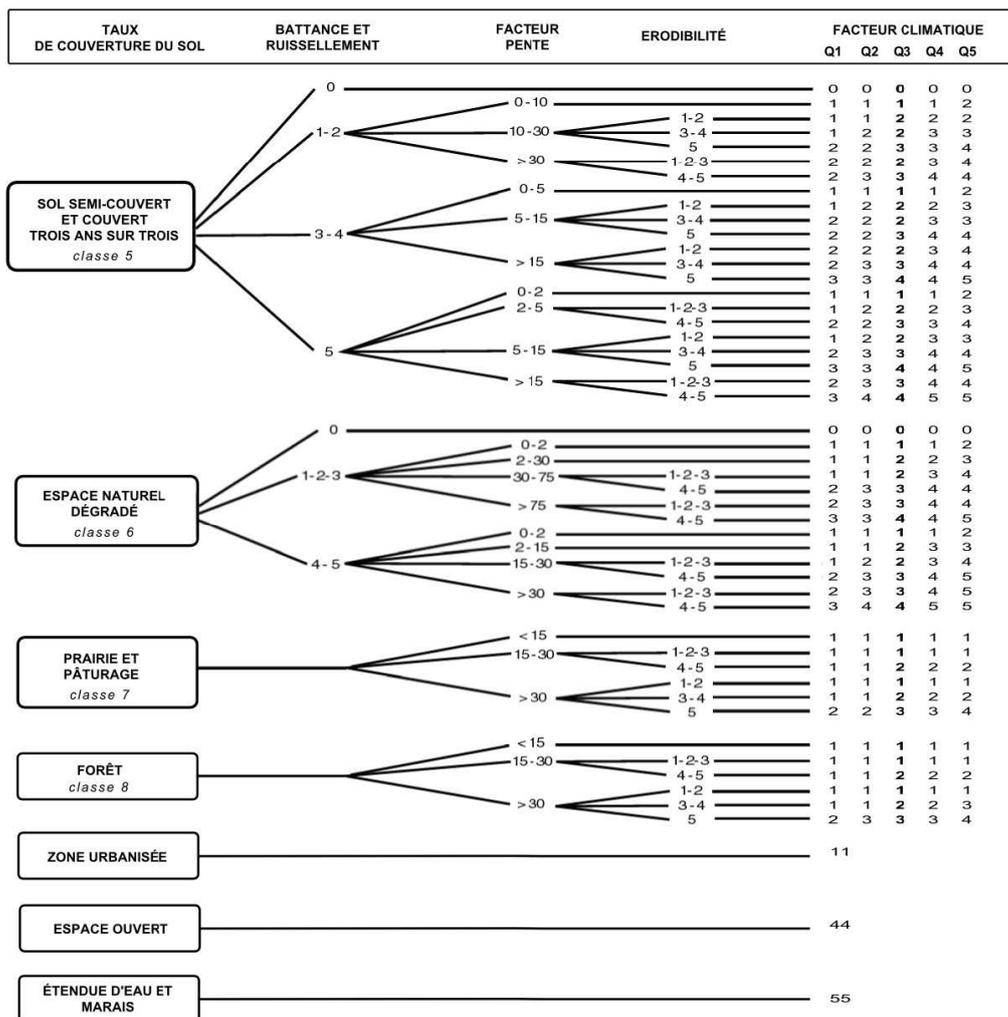


Figure 20 : Arbre de décision du modèle MESALES (Degan et al., 2015).

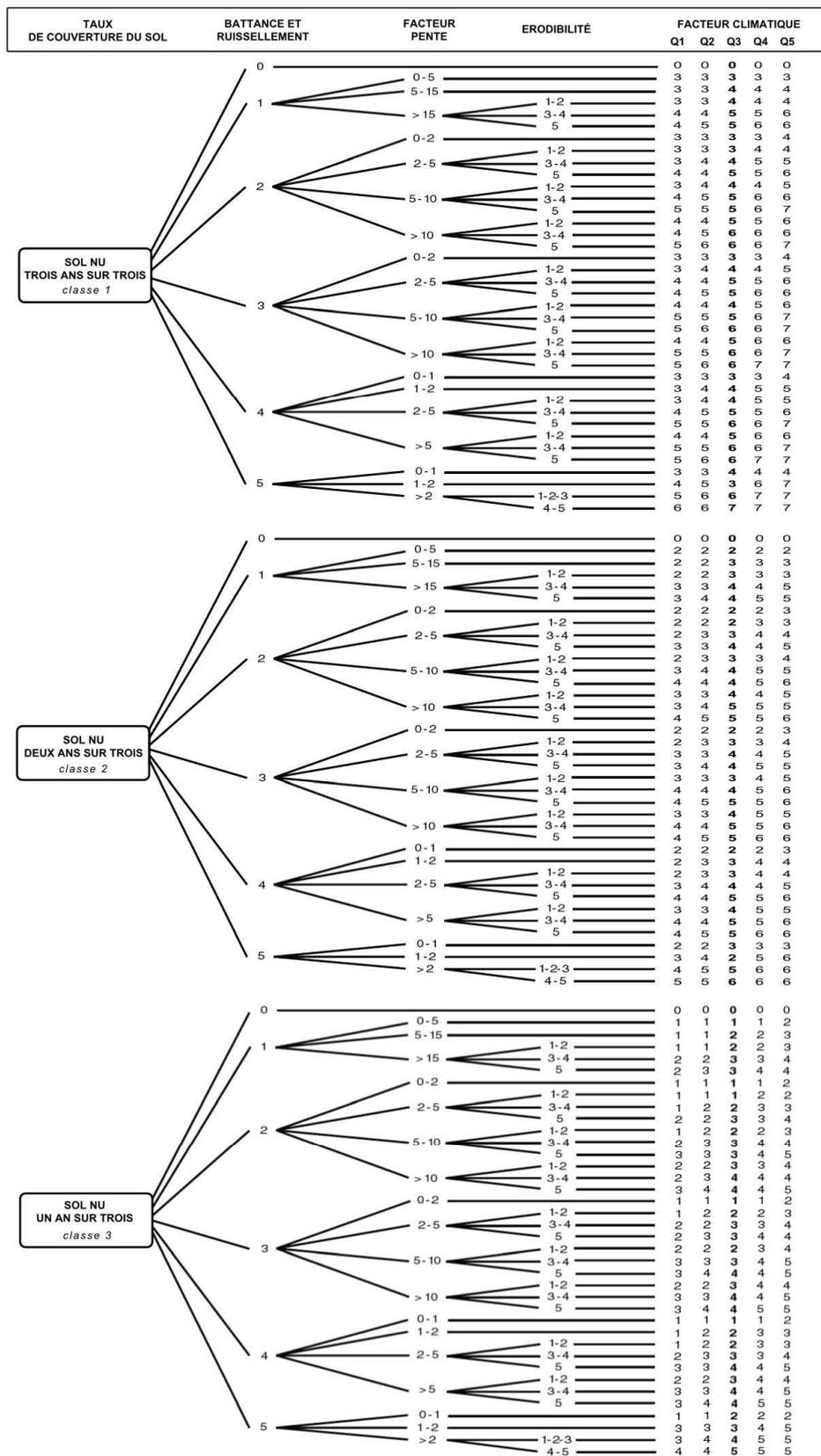


Figure 21 : Arbre de décision du modèle MESALES (suite) (Degan et al., 2015).

a) Aléa érosion saisonnier

Le modèle est appliqué à chaque saison, selon les cartographies saisonnières de taux de couverture du sol. Les cartographies saisonnières sont présentées sur la Figure 23. La distribution saisonnière de la surface occupée par chaque classe d'aléa est présentée sur la Figure 22.

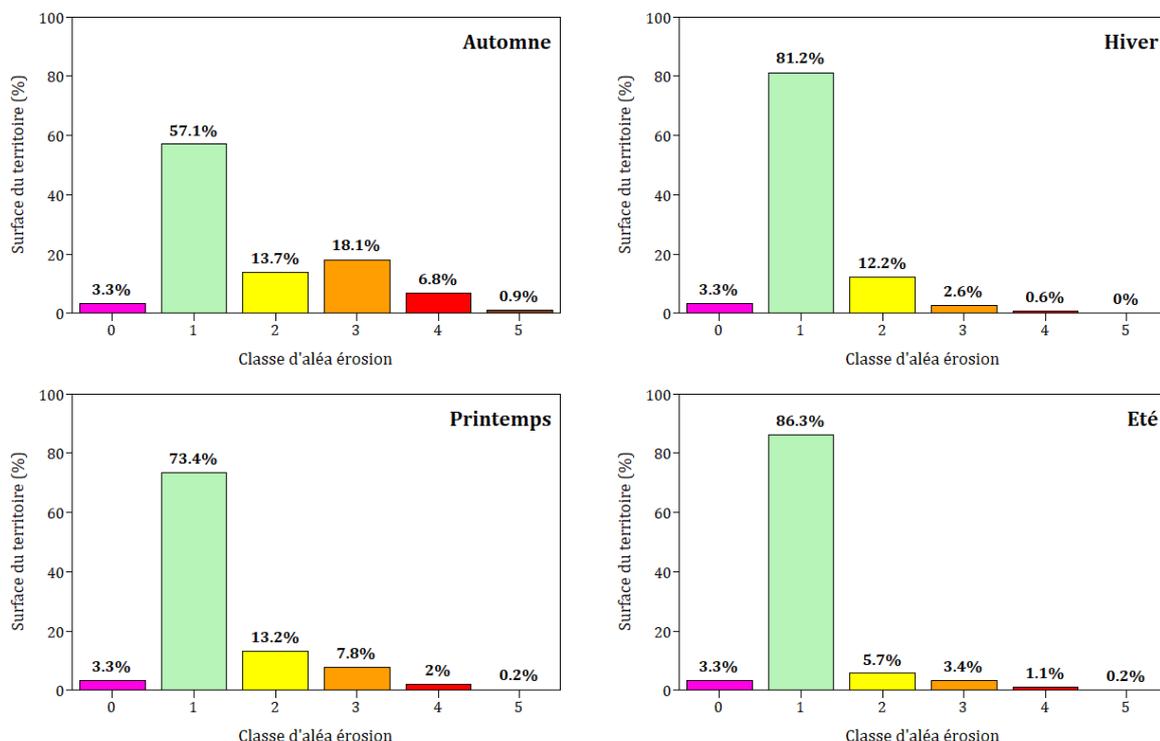


Figure 22 : Distribution de la surface occupée par chaque classe d'aléa par saison sur le périmètre d'étude. 0 : aléa non pertinent ; 1 : très faible ; 2 : faible ; 3 : moyen ; 4 : fort ; 5 : très fort.

La variabilité saisonnière de la distribution des surfaces occupées par les différentes classes d'aléa s'explique par (1) la variabilité saisonnière du taux de couverture du sol par la végétation (Figure 4) et (2) de l'érosivité des pluies (Figure 18). Par ailleurs, les classes d'aléa fort et très fort sont principalement générées par les classes de taux de couverture du sol « sol nu 3/3 ans » et « sol nu 2/3ans ».

En automne, 19 % de la surface du territoire est à nu 3/3ans et 18 % est à nu 2/3 ans. Cette saison correspond aux semis des cultures d'hiver, cultures majoritaires sur le territoire. Les pluies automnales sont plus érosives par rapport à l'hiver et au printemps, avec une érosivité des pluies Q2 occupant 73 % du territoire (0 % en hiver). Le pourcentage de surface occupée par les classes d'aléa moyen à très fort est le plus élevé parmi les quatre saisons avec 25,8 % au total.

Au printemps, seul 3 % de la surface du territoire est à nu 3/3ans et 2 % est à nu 2/3ans. Cette saison correspond aux semis des cultures de printemps, en proportion plus faible que les cultures d'hiver. L'érosivité des pluies au printemps est plus importante que l'hiver avec 54 % de la surface du territoire en Q2. Les classes d'aléa moyen à très fort occupent 10 % de la surface du territoire.

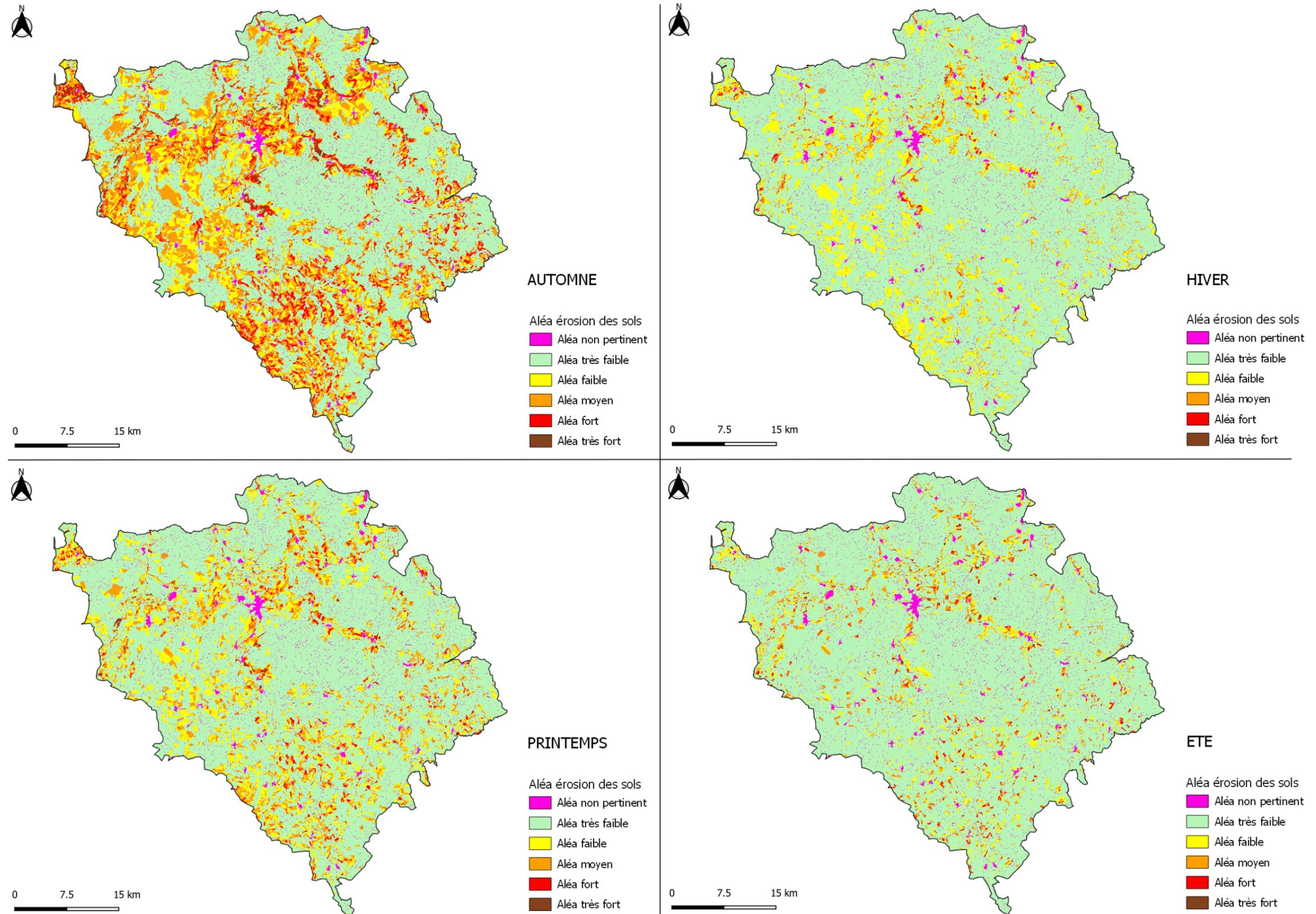


Figure 23 : Cartographie de l'aléa érosion des sols par saison sur le territoire de l'EPAGE Sequana.

Les surfaces occupées par les classes d'aléa moyen à très fort en hiver et en été sont faibles (3,2 % et 4,7 % respectivement) pour des raisons différentes. En hiver, 5 % de la surface du territoire est à nu 3/3ans et 14 % est à nu 2/3 ans mais l'érosivité des pluies est faible (100 % du territoire avec une classe d'érosivité Q1). À l'inverse, en été, moins de 1 % de la surface du territoire est à nu 3/3ans et 13 % est à nu 2/3 ans. L'érosivité des pluies est plus forte avec 100 % du territoire avec une classe d'érosivité Q2.

L'érosion des sols survient lorsqu'il y a concomitance de deux phénomènes : (1) l'érodibilité du sol c'est-à-dire la sensibilité du sol à l'érosion (fonction du taux de couverture du sol, de la pente, de la battance et de l'érodibilité) et (2) l'érosivité des pluies c'est-à-dire l'énergie érosive de la pluie. À l'échelle du territoire de l'EPAGE Sequana et plus généralement dans les régions de plaine en grandes cultures du Nord de la France, cette concomitance est particulièrement marquée à l'automne et au printemps.

a) Aléa érosion des sols annuel

L'aléa érosion des sols annuel est obtenu en sélectionnant pour chacune des mailles la classe d'aléa maximum rencontrée parmi les quatre saisons. La cartographie de l'aléa érosion annuel sur le périmètre d'étude est présentée sur la Figure 25.

À l'échelle annuelle, 27,8 % de la surface du territoire est en aléa moyen, fort et très fort (Figure 24). Moins de 10 % (8,3 %) de la surface d'étude est en aléa fort et très fort.

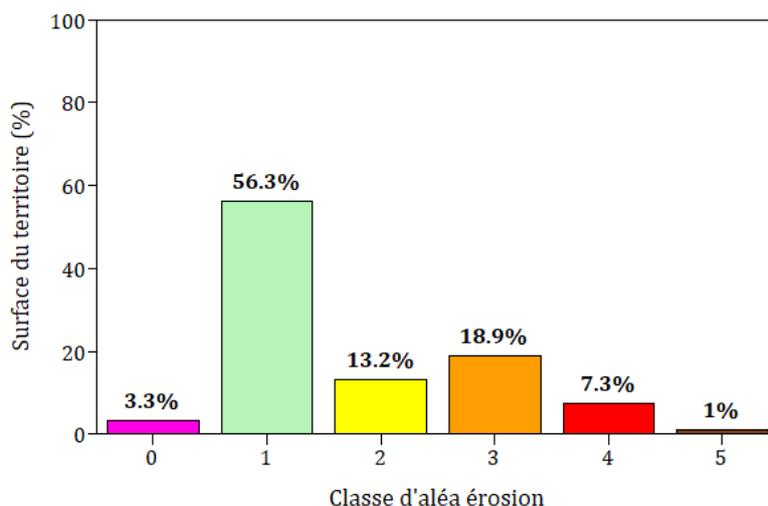


Figure 24 : Distribution de la surface occupée par chaque classe d'aléa érosion des sols annuel sur le périmètre d'étude. 0 : aléa non pertinent ; 1 : très faible ; 2 : faible ; 3 : moyen ; 4 : fort ; 5 : très fort.

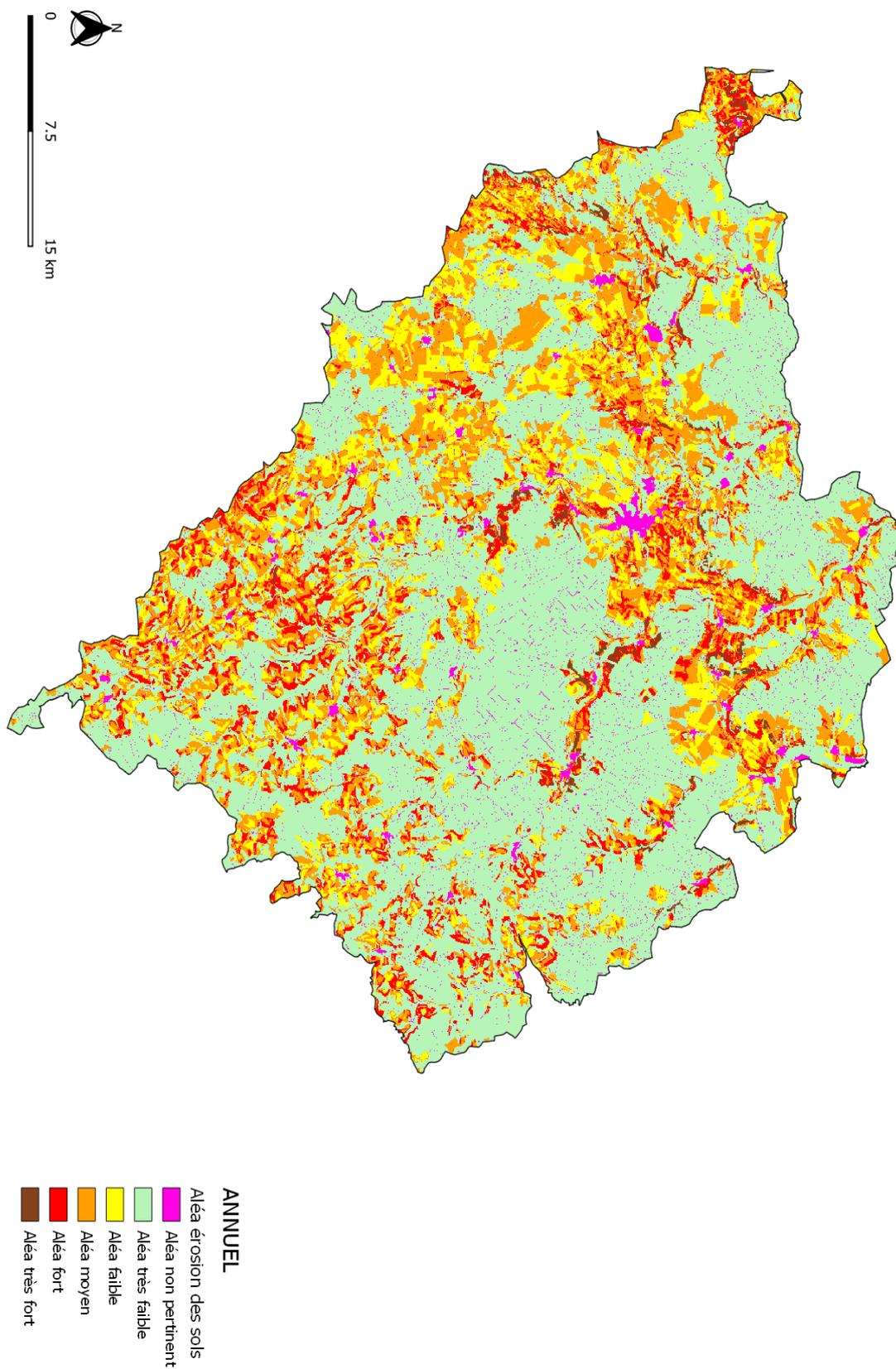


Figure 25 : Cartographie de l'aléa érosion des sols annuel (situation actuelle) sur le territoire de l'EPAGE Sequana.

Pour faciliter l'appropriation de cette cartographie par les acteurs du territoire, un atlas cartographique de l'aléa érosion des sols annuel a été produit pour chacune des 137 communes (Annexe 2). Un extrait est présenté sur la Figure 26.

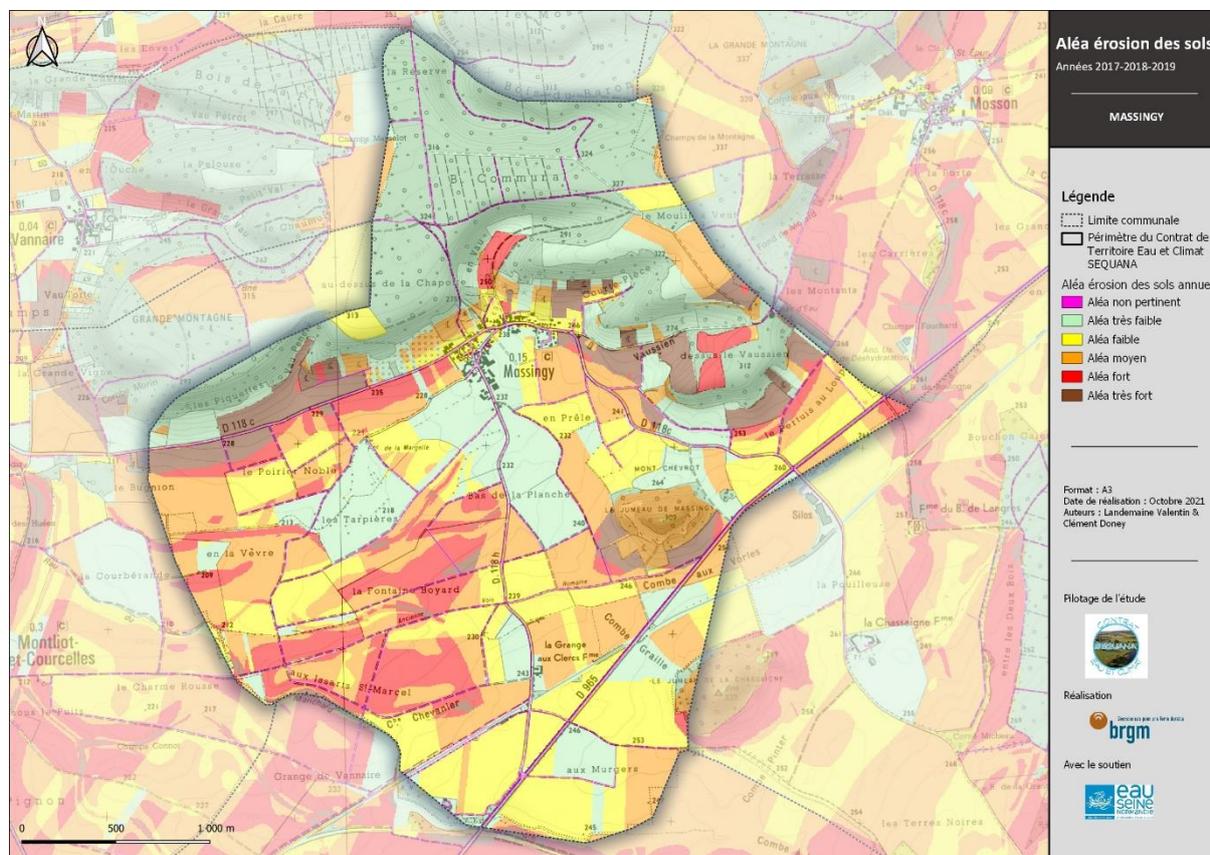


Figure 26 : Extrait de l'atlas cartographique de l'aléa érosion des sols annuel sur la commune de Massingy.

b) Aléa érosion intrinsèque annuel

La cartographie de l'aléa érosion des sols annuel a été construite sur la base de trois millésimes de cartographie d'occupation des sols (2017, 2018 et 2019). Sa validité est donc à minima pour ces trois années et pour l'emprise actuelle des terres cultivées.

En cas de changements futurs d'occupation des sols, cette cartographie serait modifiée. Par exemple, le retournement d'une prairie pour une mise en culture aura pour conséquence une augmentation de l'aléa érosion des sols annuel.

Face à cette limite, le BRGM a proposé à l'EPAGE Sequana d'appliquer à nouveau le modèle MESALES pour la situation la plus défavorable c'est-à-dire pour la situation où l'ensemble des terres cultivées serait à nu 3/3 ans. L'objectif est de qualifier l'aléa érosion seulement en fonction des caractéristiques intrinsèques des paysages (pente, battance, érodibilité) et du climat. De cette manière, il est possible pour le décideur d'anticiper l'aléa érosion des sols dans le cas où serait mis en place des cultures sensibles à l'érosion. La cartographie de l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel est présentée sur la Figure 27. Un atlas cartographique de l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel a également été produit pour chacune des 137 communes (Annexe 3).

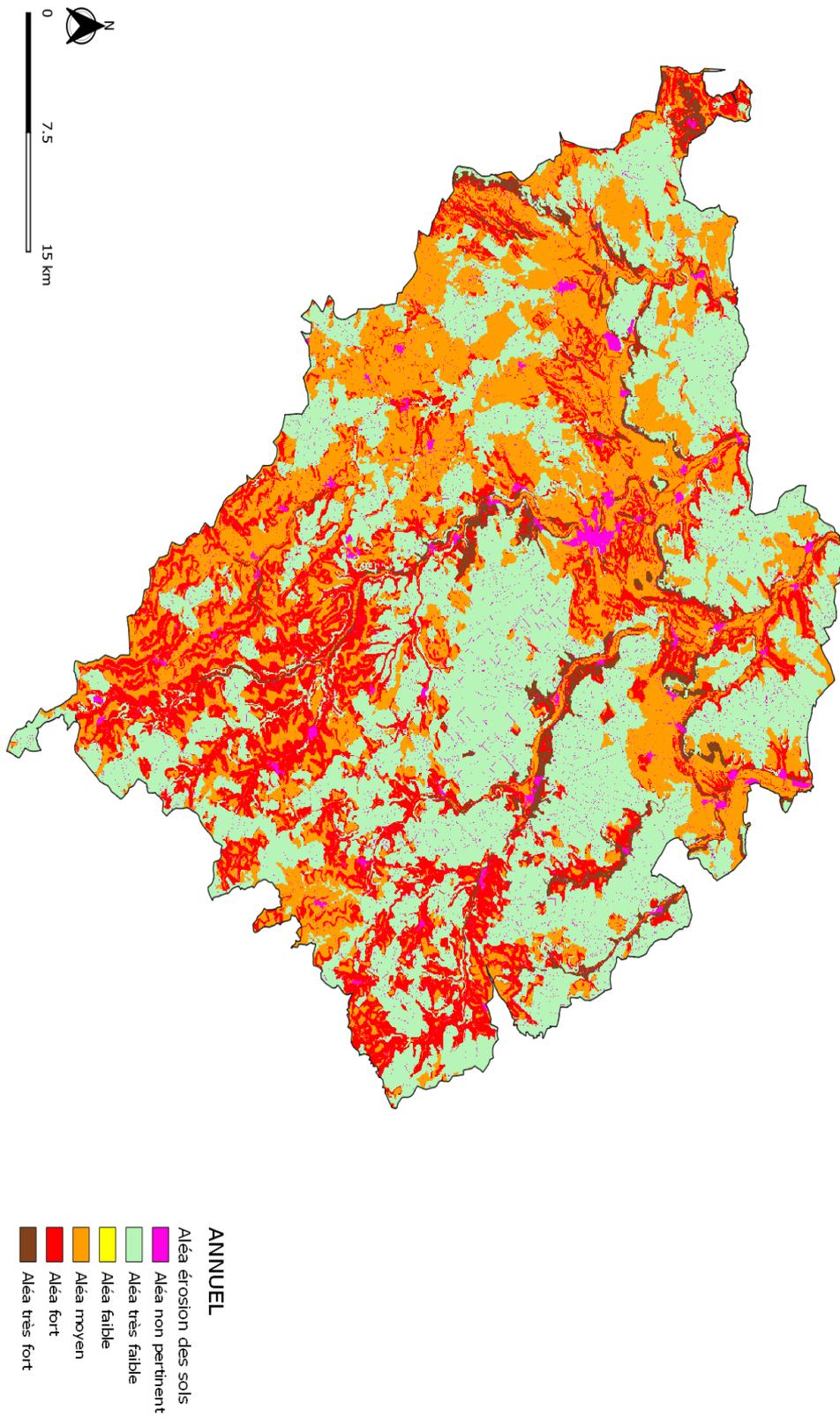


Figure 27 : Cartographie de l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel (situation défavorable) sur le territoire de l'EPAGE Sequana.

La Figure 28 illustre les conséquences sur l'aléa érosion des sols d'un sol nu 3/3ans pour l'ensemble des cultures dans le secteur de Quemigny-sur-Seine.

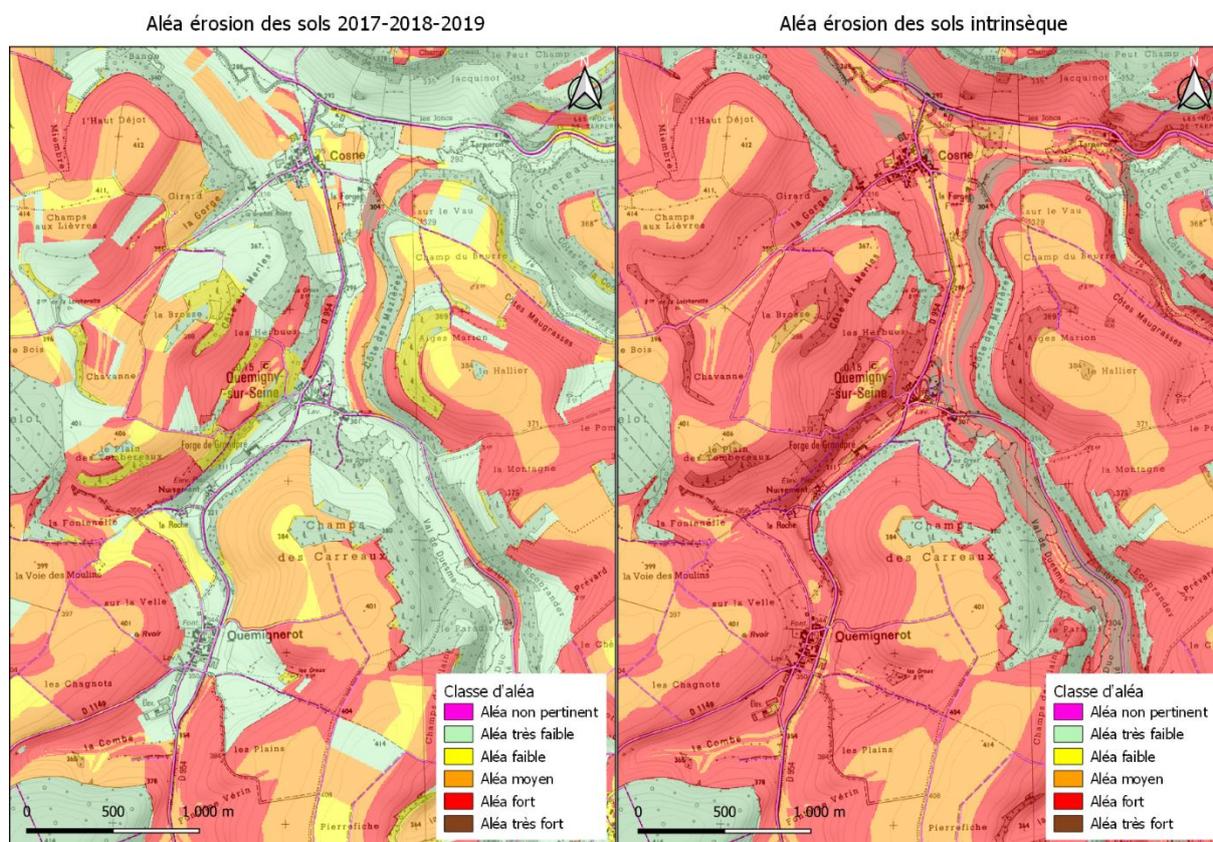


Figure 28 : Cartographie de l'aléa érosion des sols annuel (gauche) et cartographie de l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel sur la commune de Quemigny-sur-Seine (droite).

À l'échelle du territoire d'étude, la surface occupée par les classes d'aléa fort et très fort passe de 8,3 % à 23,3 % pour la situation la plus défavorable (Figure 29). La classe d'aléa moyen occupe quant à elle 30,9 % de la surface du territoire contre 18,9 % pour la situation initiale.

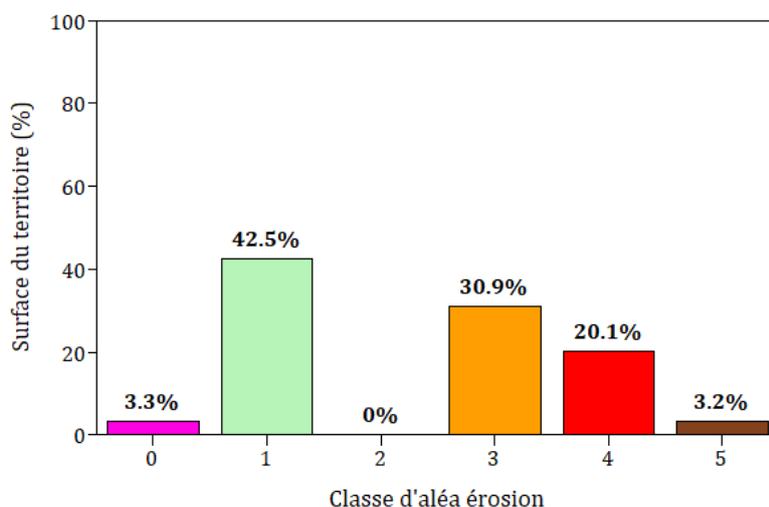


Figure 29 : Distribution de la surface occupée par chaque classe d'aléa érosion des sols intrinsèque annuel sur le périmètre d'étude.

2.4. INTÉGRATION SPATIALE

L'intégration spatiale selon des zones définies facilite le travail des usagers et des gestionnaires, grâce à la synthèse de l'information de l'aléa érosif sur une zone déterminée. Différentes classifications prioritaires des unités spatiales sont ainsi possibles selon les objectifs posés par les gestionnaires. Dans le cadre de ce projet, l'EPAGE Sequana a retenu deux échelles de représentations spatiales, relatives à deux problématiques :

- **masses d'eau de surface** : identifier les cours d'eau exposés aux transferts des sédiments produits par l'érosion (et indirectement aux transferts de contaminants) et pouvant entraîner une dégradation de la qualité des eaux et des habitats aquatiques ;
- **bassins versants débouchant dans les villages et les réseaux de communication** : afin d'identifier les villages/routes exposées à l'aléa coulée de boue.

2.4.1. Masses d'eau

a) Délimitation des masses d'eau

La cartographie des masses d'eau a été obtenue auprès du [référentiel des masses d'eau 2019](#) de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie. Au total, 40 masses d'eau couvrent entièrement ou pour partie le périmètre d'étude (Figure 31).

b) Aléa érosion des sols par masse d'eau

L'aléa érosion des sols annuel par masse d'eau a été calculé à partir de la cartographie de l'aléa érosion des sols annuel maillée à 5 m (Figure 25). La méthode utilisée est celle développée par (Degan *et al.*, 2015). Les étapes de traitement sont les suivantes :

- **étape 1** : Pour chaque masse d'eau, la surface relative de chaque classe d'aléa est déterminée ;
- **étape 2** : Les masses d'eau sont ensuite triées par ordre décroissant de pourcentage de leur surface modélisée occupée par la classe d'aléa très fort. Les surfaces modélisées des masses d'eau sont sommées dans cet ordre jusqu'à atteindre le même pourcentage que celui représenté par les pixels classés en très fort sur le périmètre d'étude, soit 1 % (Figure 24). Les masses d'eau en aléa très fort sont ensuite retiré du calcul ;
- **étape 3** : Les masses d'eau sont à nouveau triés par ordre décroissant de pourcentage de leur surface modélisée occupée par la classe d'aléa fort. Comme précédemment, les surfaces modélisées des masses d'eau sont sommées dans cet ordre jusqu'à atteindre le même pourcentage que celui représenté par les pixels classés en fort sur le périmètre d'étude, soit 7,3 % (Figure 23). Les masses d'eau en aléa fort sont ensuite retiré du calcul ;
- **étape 4** : L'opération précédente est répétée pour les classes d'aléa moyen, faible et très faible.

La cartographie de l'aléa érosion des sols (situation actuelle) par masse d'eau est présentée sur la Figure 32 et celle de l'aléa érosion des sols intrinsèque (situation défavorable) sur la Figure 33.

Les surfaces occupées par chaque classe d'aléa (Figure 30) ont également été vérifiées par rapport à celles des cartographies maillées (Figure 24 et Figure 29). Les correspondances sont plutôt bonnes pour l'aléa érosion des sols annuel par bassin et l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel par masse d'eau.

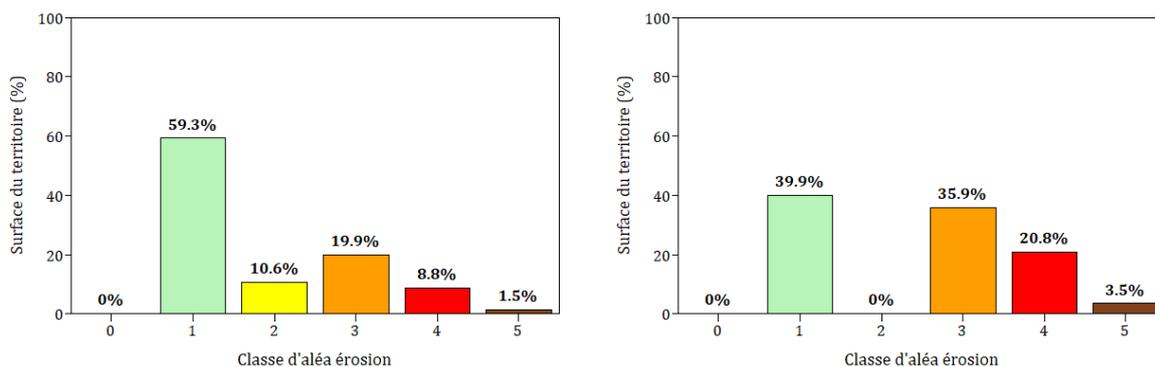


Figure 30 : Distribution de l'aléa érosion des sols annuel par masse d'eau (gauche) et distribution de l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel par masse d'eau sur le périmètre d'étude (droite).

L'observation de la cartographie de l'aléa érosion des sols annuel par masse d'eau (Figure 32) montre une répartition hétérogène des classes d'aléa sur le territoire :

- sur l'Ource, l'ensemble des masses d'eau présente un aléa érosion des sols très faible ;
- sur la Seine, seules les masses d'eau en amont présentent un aléa moyen à fort (ID 59, 60, 61, 63, 64). La masse d'eau 1 009, située en périphérie de Châtillon-sur-Seine, est la seule masse d'eau aval à présenter un aléa fort ;
- sur la Laigne, l'aléa érosion des sols est globalement faible à moyen sur la partie aval (sauf pour la masse d'eau 1 293) et moyen à fort sur la partie amont ;
- sur les sources de la Sarce, au niveau de la commune d'Arthonnay, la masse d'eau 1 547 est la seule du périmètre d'étude à présenter un aléa très fort.

L'analyse de la cartographie de l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel par masse d'eau (Figure 33) montre une augmentation de l'aléa sur la Laignes et la Seine de 1 à 2 classes (Tableau 10).

Les masses d'eau situées sur les sources de l'Ource sont celles où l'augmentation de l'aléa est la plus élevée (+ 3 classes), passant de très faible à fort sur les masses d'eau 1 297, 1 298, 1 299 et 1 300.

Les reliefs rencontrés sur ces masses d'eau sont naturellement propices à l'érosion des sols, avec des vallées particulièrement encaissées et de fortes pentes. L'absence de couverture du sol par la végétation entraîne une forte augmentation de l'aléa érosion. Sur ces secteurs, le type d'occupation des sols est donc déterminant sur l'intensité de l'aléa érosion. À l'inverse, sur les plateaux, l'absence de couverture du sol par la végétation a des conséquences moindres, puisque ces zones sont moins pentues.

Un tableau récapitulatif des résultats est présenté en Annexe 4.

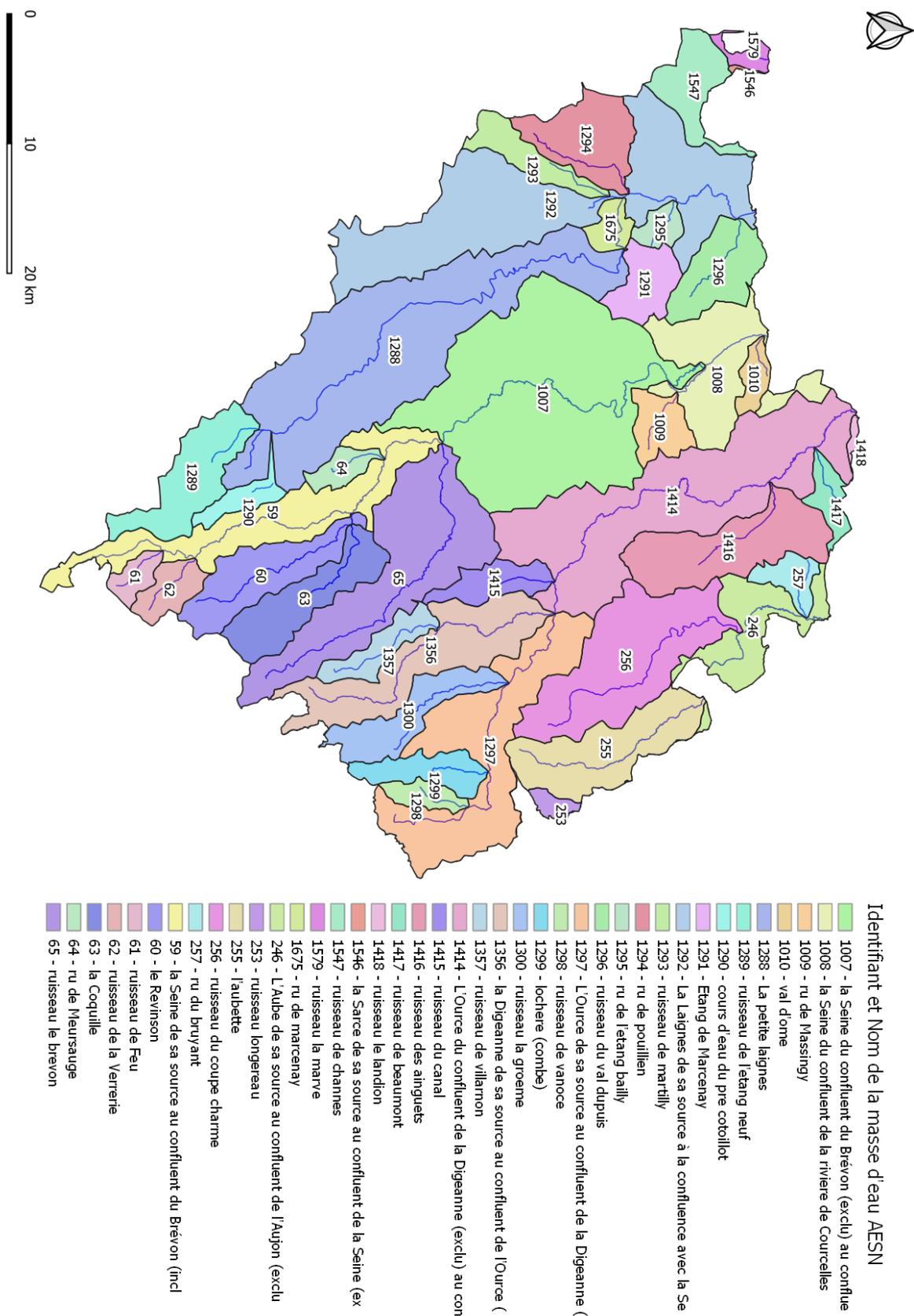


Figure 31 : Cartographie des masses d'eau de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie sur le périmètre d'étude.

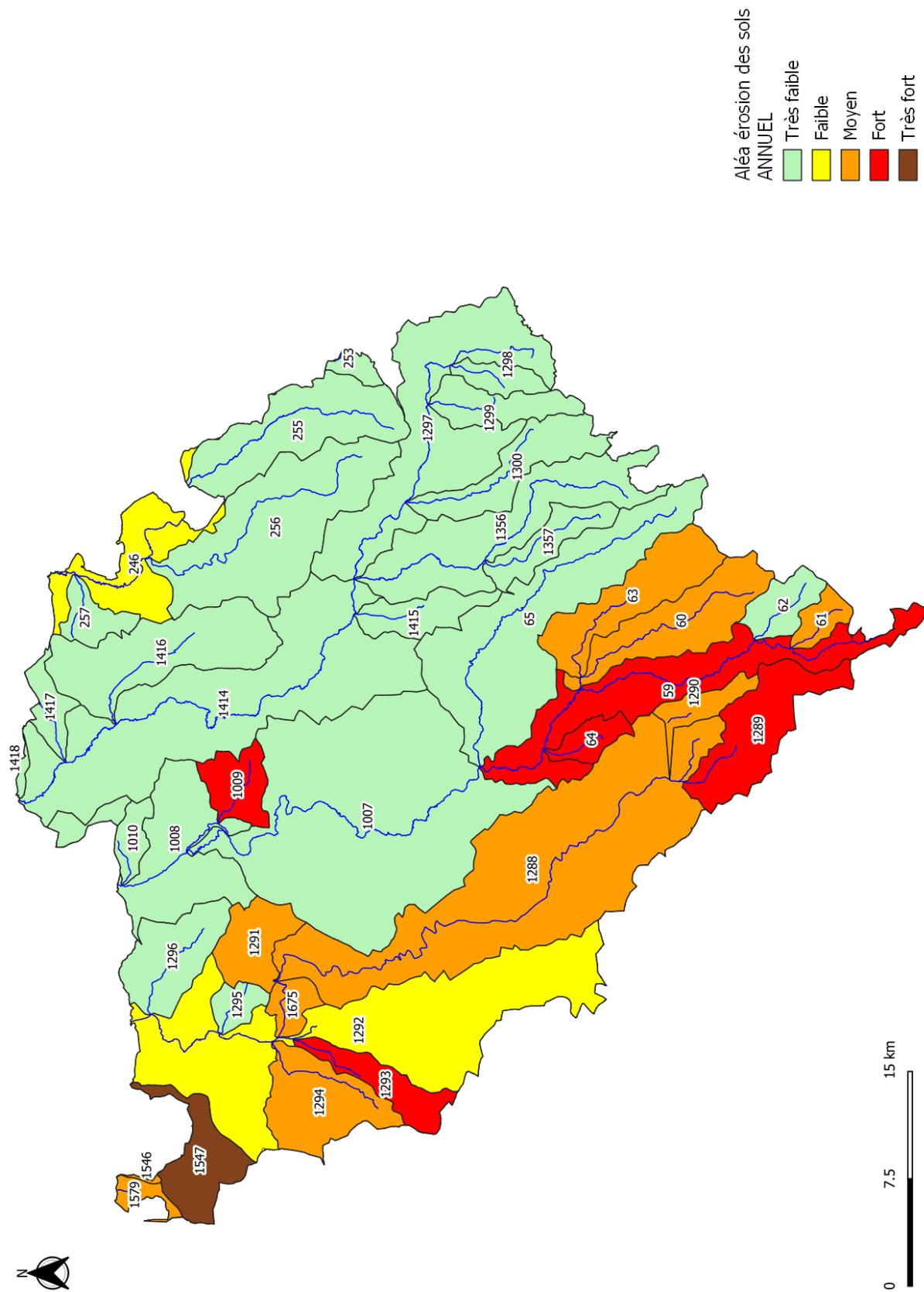
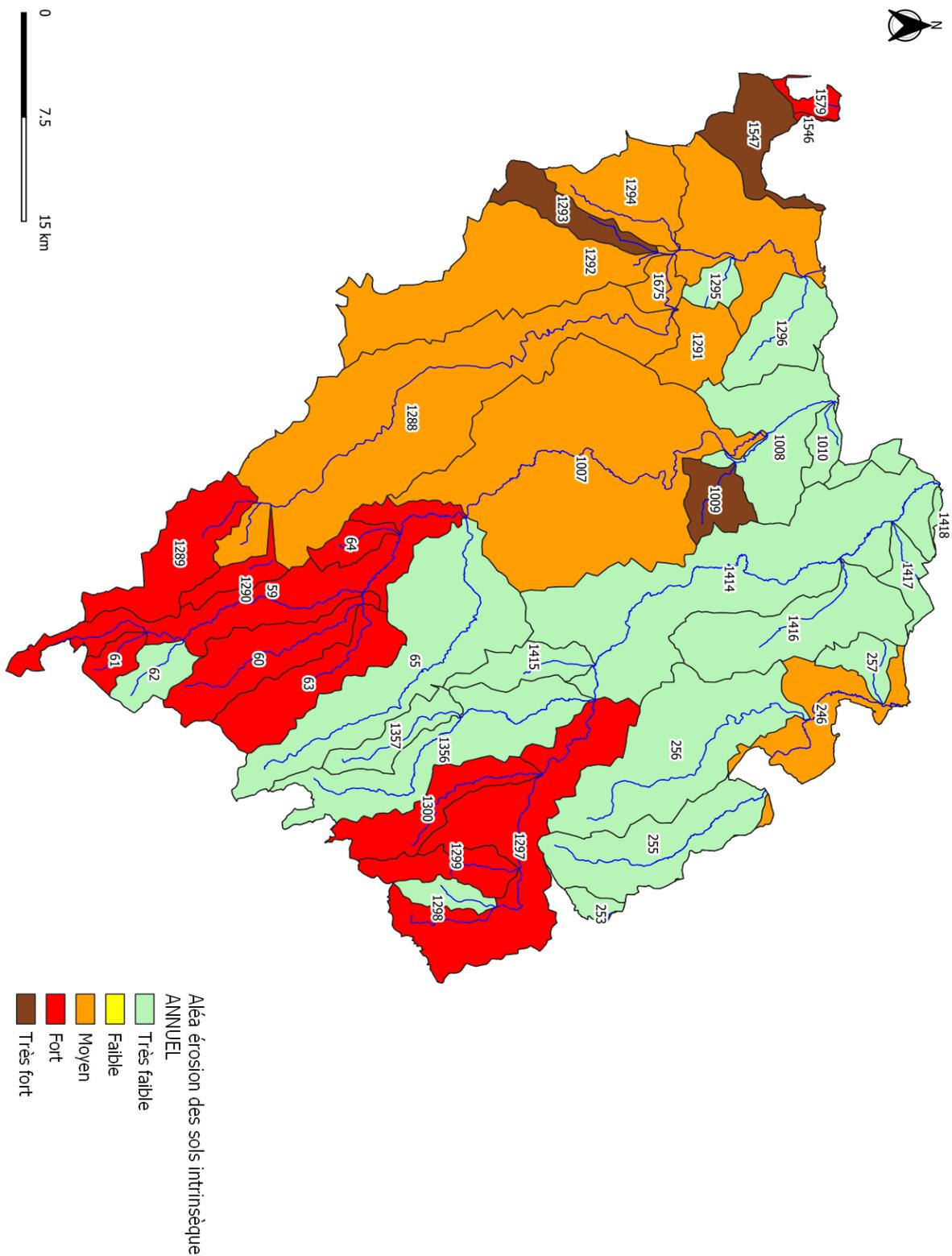


Figure 32 : Cartographie de l'aléa érosion des sols annuel par masse d'eau sur le territoire de l'EPAGE Sequana.



Évaluation du risque ruissellement et coulée de boue sur le territoire de l'EPAGE Sequana - Cartographie de l'aléa et du risque ruissellement et coulée de boue

| ID | Nom Masse d'eau | Surface (km ²) | Aléa érosion des sols actuel | Aléa érosion des sols défavorable | Différence |
|------|---|----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------|
| 1547 | ruisseau de channes | 30.9 | 5 | 5 | |
| 59 | la Seine de sa source au confluent du Brévon | 85.4 | 4 | 4 | |
| 64 | ru de Meursauge | 11.2 | 4 | 4 | |
| 1009 | ru de Massingy | 19.9 | 4 | 5 | +1 |
| 1289 | ruisseau de l'etang neuf | 47.7 | 4 | 4 | |
| 1293 | ruisseau de martilly | 22.4 | 4 | 5 | +1 |
| 60 | le Revinson | 48.4 | 3 | 4 | +1 |
| 61 | ruisseau de Feu | 10.2 | 3 | 4 | +1 |
| 63 | la Coquille | 46.3 | 3 | 4 | +1 |
| 1288 | La petite laignes | 218.3 | 3 | 3 | |
| 1290 | cours d'eau du pre cotoillot | 12.7 | 3 | 4 | +1 |
| 1291 | Etang de Marcenay | 25.0 | 3 | 3 | |
| 1294 | ru de pouillien | 44.1 | 3 | 3 | |
| 1546 | la Sarce de sa source au confluent de la Seine | 0.7 | 3 | 4 | +1 |
| 1579 | ruisseau la marve | 6.1 | 3 | 4 | +1 |
| 1675 | ru de marcenay | 10.7 | 3 | 3 | |
| 246 | L'Aube de sa source au confluent de l'Aujon | 43.8 | 2 | 3 | +1 |
| 1292 | La Laignes de sa source à la confluence avec la Seine | 180.3 | 2 | 3 | +1 |
| 62 | ruisseau de la Verrerie | 17.0 | 1 | 1 | |
| 65 | ruisseau le brevon | 124.0 | 1 | 1 | |
| 253 | ruisseau longereau | 5.5 | 1 | 1 | |
| 255 | l'aubette | 63.0 | 1 | 1 | |
| 256 | ruisseau du coupe charme | 103.1 | 1 | 1 | |
| 257 | ru du bruyant | 13.5 | 1 | 1 | |
| 1007 | la Seine du confluent du Brévon | 238.5 | 1 | 3 | +2 |
| 1008 | la Seine du confluent de la riviere de Courcelles | 67.2 | 1 | 1 | |
| 1010 | val d'ome | 10.0 | 1 | 1 | |
| 1295 | ru de l'etang bailly | 9.6 | 1 | 1 | |
| 1296 | ruisseau du val dupuis | 36.5 | 1 | 1 | |
| 1297 | L'Ource de sa source au confluent de la Digeanne | 113.5 | 1 | 4 | +3 |
| 1298 | ruisseau de vanoce | 11.0 | 1 | 1 | |
| 1299 | lochere (combe) | 22.4 | 1 | 4 | +3 |
| 1300 | ruisseau la groeme | 36.2 | 1 | 4 | +3 |
| 1356 | la Digeanne de sa source au confluent de l'Ource | 79.5 | 1 | 1 | |
| 1357 | ruisseau de villarnon | 20.4 | 1 | 1 | |
| 1414 | L'Ource du confluent de la Digeanne | 182.8 | 1 | 1 | |
| 1415 | ruisseau du canal | 20.4 | 1 | 1 | |
| 1416 | ruisseau des ainguets | 67.8 | 1 | 1 | |
| 1417 | ruisseau de beaumont | 12.6 | 1 | 1 | |
| 1418 | ruisseau le landion | 2.0 | 1 | 1 | |

Tableau 10 : Surface, aléa érosion des sols annuel actuel et aléa érosion des sols annuel défavorable par masse d'eau. La différence exprime la différence de classe d'aléa érosion des sols entre la situation actuelle et la situation défavorable.

2.4.2. Bassins versants débouchant dans les villages

a) Délimitation des bassins versants

La délimitation des bassins versants a été réalisée en positionnant en priorité des exutoires en entrée de village. Pour compléter la cartographie des bassins versants, des exutoires, classés dans la catégorie « Autre », ont été positionnés sur les réseaux de communication recoupant des exutoires de talweg ou aux extrémités des cours d'eau permanents. La cartographie a été réalisée sur la base de la cartographie de l'aire drainée (proxy de la cartographie des axes de ruissellement ; issue du MNT) et des cartographies SCAN 25 au 1/25 000^{ème} de l'IGN (Figure 34).

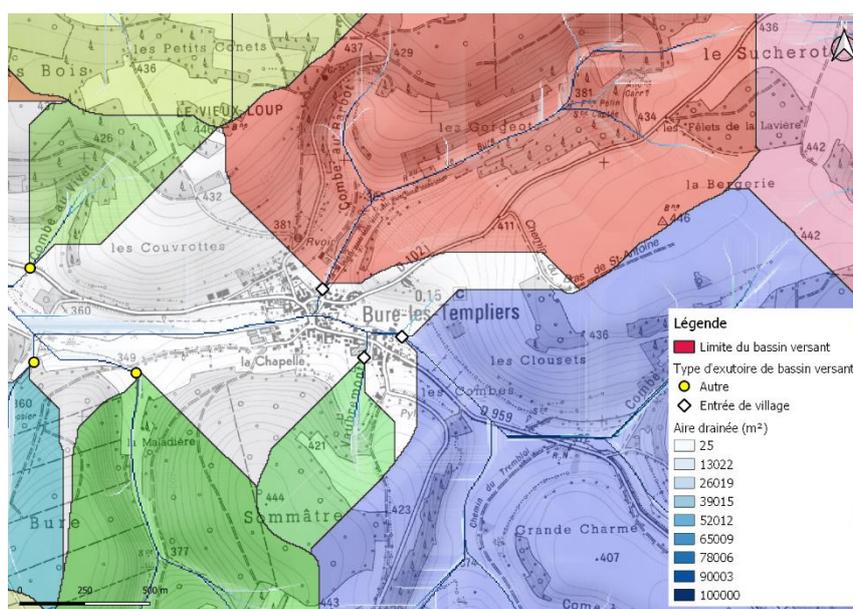


Figure 34 : Exemple de positionnement des exutoires des bassins débouchant dans le village de Bure-les-Templiers.

Au total, 1 015 exutoires ont été positionnés sur le territoire d'étude, dont 124 en entrée de village. La cartographie des bassins versants associés est présentée sur la Figure 35. La distribution de la superficie des bassins versants est présentée sur la Figure 36.

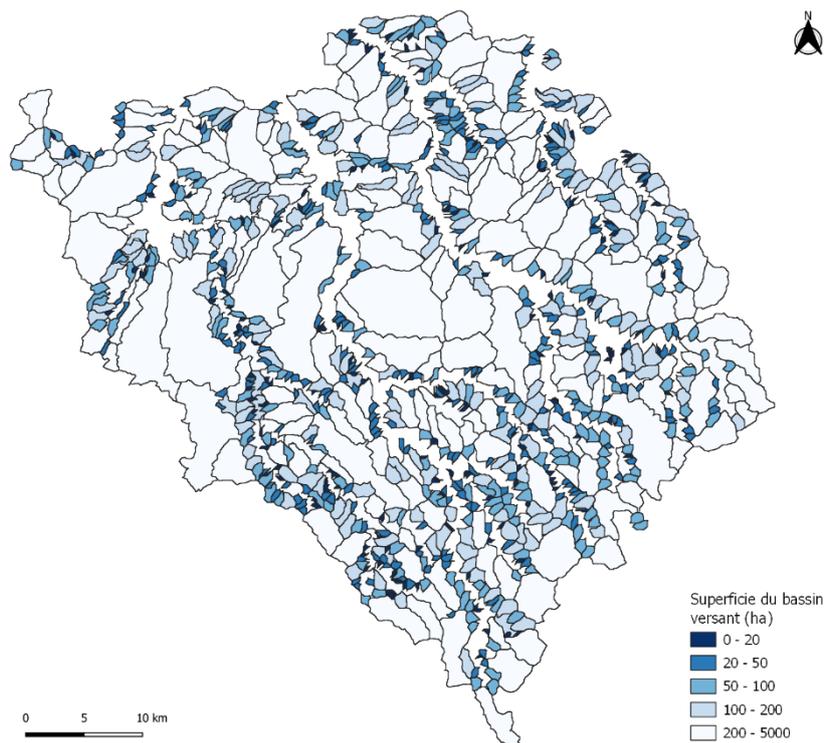


Figure 35 : Cartographie des bassins versant débouchant dans les villages et les réseaux de communication sur le périmètre de l'étude.

Sur les 1 015 bassins versants recensés, environ 42% ont une superficie inférieure à 50 ha et 37 % des bassins ont une superficie comprise entre 50 et 200 ha. Environ 21 % des bassins ont une superficie de plus de 200 ha avec un maximum de 4 700 ha.

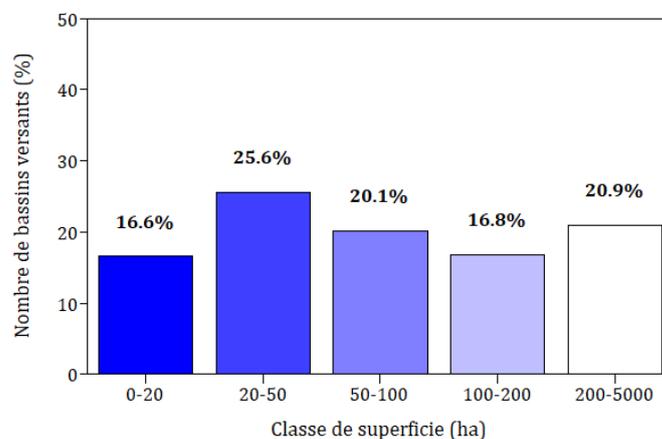


Figure 36 : Distribution du nombre de bassins versants par classe de superficie sur le territoire d'étude.

b) Aléa érosion des sols par bassin

L'aléa érosion des sols annuel par bassin a été calculé selon la même méthodologie utilisée pour la cartographie de l'aléa érosion des sols annuel par masse d'eau (idem pour l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel).

La cartographie de l'aléa érosion des sols annuel par bassin versant est présentée sur la Figure 38. Cette méthode a également été appliquée pour produire la cartographie de l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel par bassin (Figure 39).

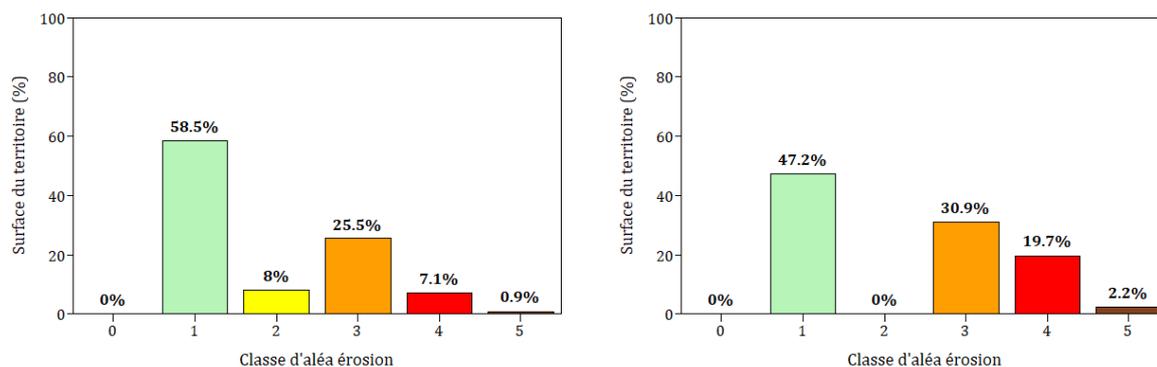


Figure 37 : Distribution de l'aléa érosion des sols annuel par bassin (gauche) et distribution de l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel par bassin sur le périmètre d'étude (droite).

La comparaison des distributions des cartographies maillées (Figure 24 et Figure 29) et par bassin (Figure 37) montre une assez bonne correspondance. Pour l'aléa érosion des sols annuel, les bassins en aléa fort et très fort occupent 7,1 % et 0,9 % de la surface du territoire contre 7,3 % et 1 % pour les mailles. Les bassins en aléa moyen sont surestimés (25,5 % contre 18,9 % pour les mailles) et ceux en aléa faible sont sous-estimés (8 % contre 13,2 % pour les mailles). La correspondance maille - bassin est bonne pour l'aléa faible avec 58,5 % contre 56,3 %.

La correspondance maille-bassin pour l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel est également assez bonne : 2,2 % des bassins en aléa très fort (contre 3,2 %), 19,7 % des bassins en aléa fort (contre 20,1 %) et une correspondance parfaite pour l'aléa moyen avec 30,9 % des bassins concernés. Un tableau récapitulatif des résultats est présenté en Annexe 4.

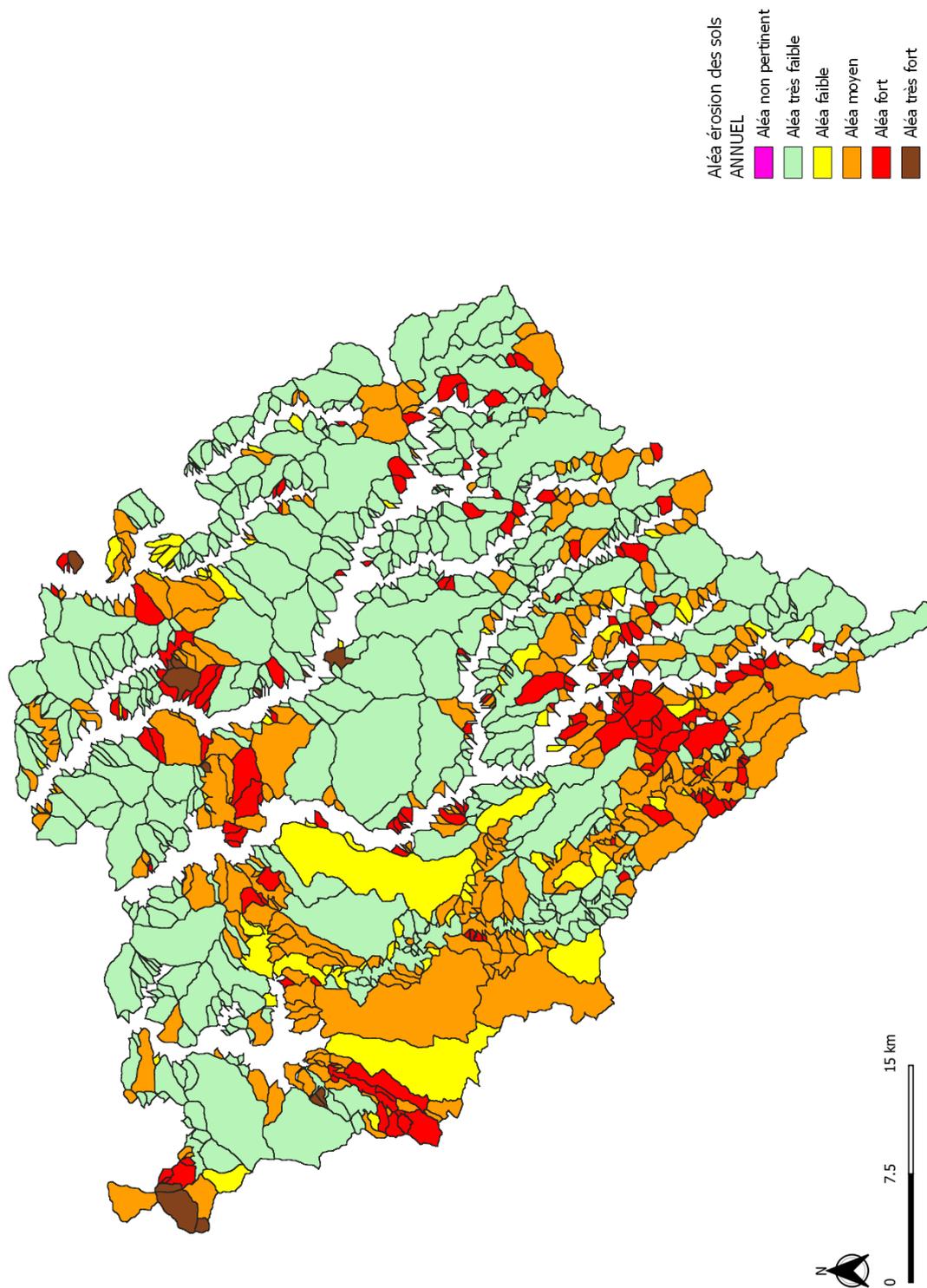


Figure 38 : Cartographie de l'aléa érosion des sols annuel par bassin sur le territoire de l'EPAGE Sequana.

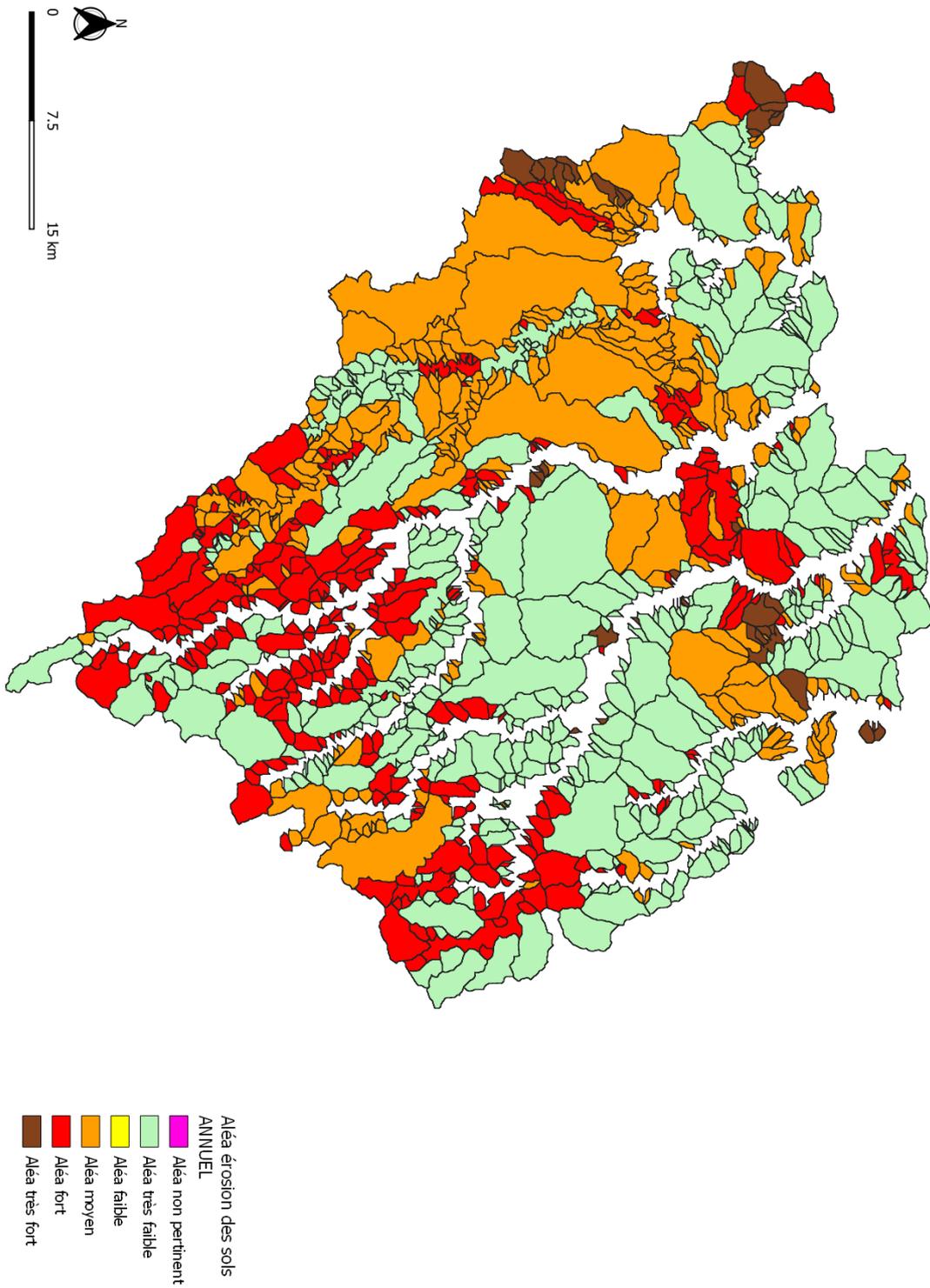


Figure 39 : Cartographie de l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel par bassin sur le territoire de l'EPAGE

L'intégration par bassin versant a pour objectif d'identifier les bourgs des communes potentiellement exposés à l'aléa coulée de boue. Pour rappel, l'aléa érosion des sols correspond à la sensibilité du terrain à émettre des particules solides. Il n'y a pas de notion de propagation de l'érosion dans cette définition. Toutefois, en faisant l'hypothèse que si le bourg se situe à l'exutoire d'un ou plusieurs bassins versants agricoles et que ce(s) bassin(s) présente(nt) un aléa érosion des sols élevé, l'aléa coulée de boue est également élevé.

Afin d'identifier les communes **potentiellement exposées**, seules les communes avec un ou plusieurs bassins versants débouchant sur le bourg ont été sélectionnées (71 communes sur un total de 137). Pour les autres communes, l'aléa coulée de boue est considéré comme « non pertinent ».

Pour chaque commune sélectionnée, la classe d'aléa coulée de boue correspond à la classe d'aléa érosion des sols annuel du bassin versant majoritaire (en terme de surface). La cartographie de l'aléa coulée de boue est présentée sur la Figure 40 et la classe d'aléa coulée de boue de chaque commune est présentée dans le Tableau 12.

L'aléa coulée de boue communal précédemment défini (situation actuelle) a été comparé à l'aléa coulée de boue intrinsèque (situation défavorable). Cet aléa coulée de boue intrinsèque a été déterminé selon la même méthodologie utilisée précédemment. La cartographie de l'aléa coulée de boue communal pour la situation défavorable est présentée sur la Figure 41 et la classe d'aléa coulée de boue de chaque commune est présentée dans le Tableau 12. Un comparatif de la distribution du nombre de communes par classes d'aléa pour les deux situations est présenté sur le Tableau 11.

| Classe d'aléa coulée de boue | Nombre de communes (situation actuelle) | Nombre de communes (situation défavorable) | Différence |
|------------------------------|---|--|------------|
| 1 : Très faible | 41 | 27 | -34% |
| 2 : Faible | 4 | 0 | -100% |
| 3 : Moyen | 15 | 19 | 27% |
| 4 : Fort | 9 | 19 | 111% |
| 5 : Très fort | 2 | 6 | 200% |

Tableau 11 : Nombre de communes par classe d'aléa coulée de boue pour la situation actuelle et la situation la plus défavorable.

L'affectation d'un taux de couverture minimum sur les terres labourables (sol nu 3/3 ans) a pour conséquence un doublement du nombre de bassins en aléa moyen à très fort. Sur les 71 communes, 37 % sont actuellement en aléa moyen à fort contre 62 % pour la situation la plus défavorable. L'augmentation du niveau d'aléa varie de 1 à 3 points suivants les communes. **La situation défavorable reste une situation extrême mais cette analyse illustre l'exposition potentielle de certaines communes à l'aléa coulée de boue et l'importance d'un suivi des cultures potentiellement sensibles à l'érosion afin d'anticiper d'éventuels phénomènes d'érosion et de coulée de boue.**

Un tableau récapitulatif des résultats est présenté en Annexe 4.

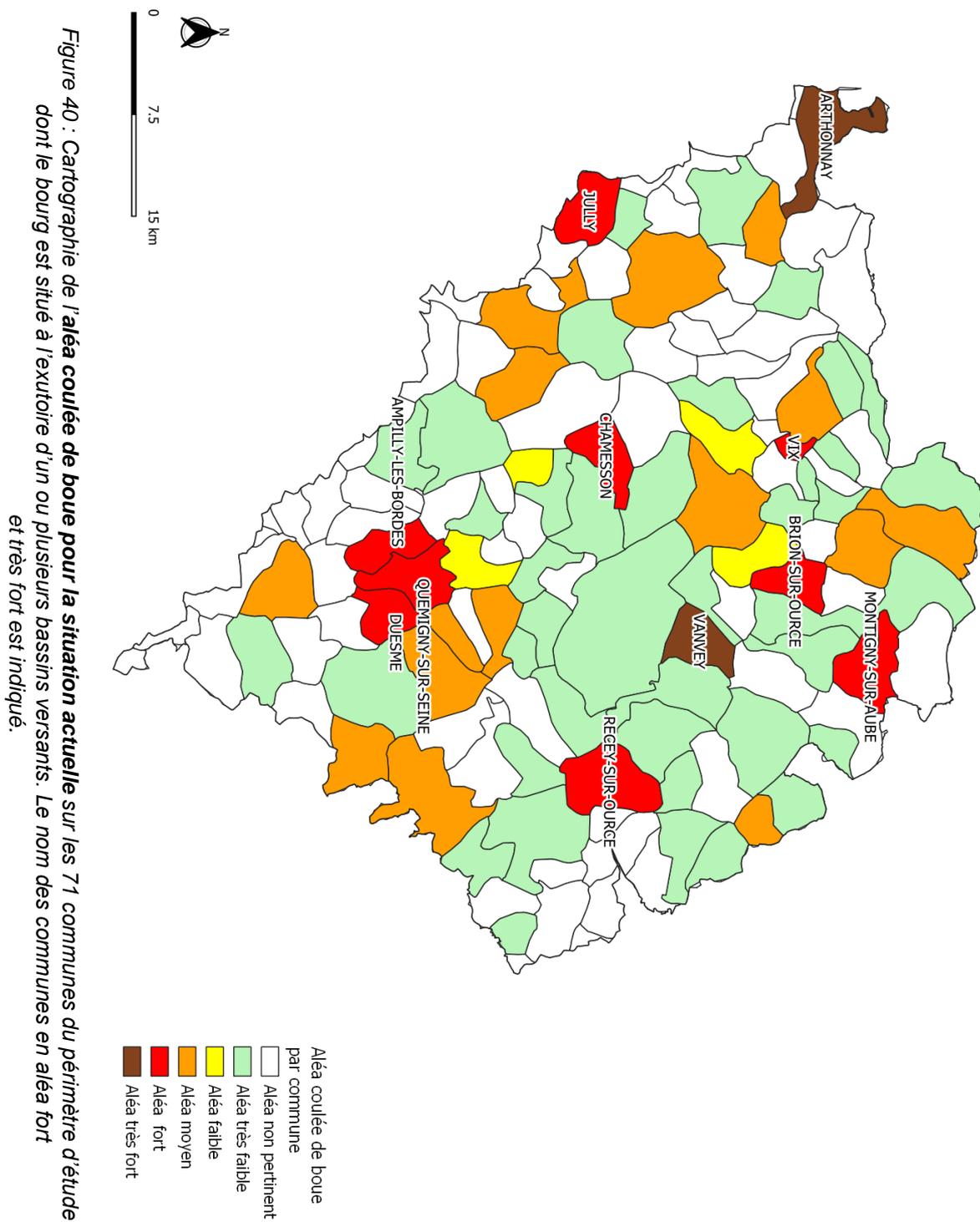


Figure 40 : Cartographie de l'aléa coulée de boue pour la situation actuelle sur les 71 communes du périmètre d'étude dont le bourg est situé à l'exutoire d'un ou plusieurs bassins versants. Le nom des communes en aléa fort et très fort est indiqué.

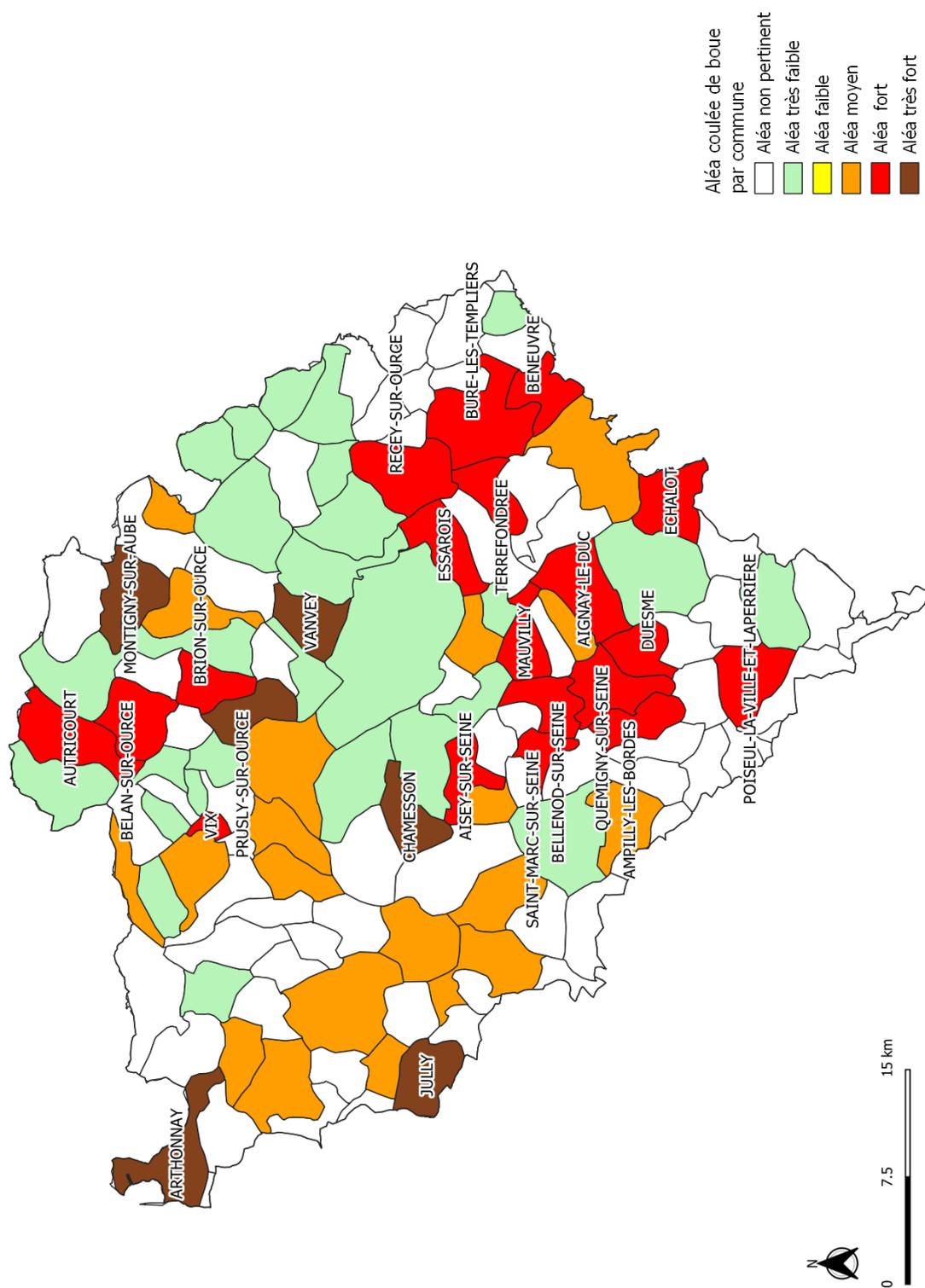


Figure 41 : Cartographie de l'aléa coulée de boue pour la situation la plus défavorable sur les 71 communes du périmètre d'étude dont le bourg est situé à l'exutoire de un ou plusieurs bassins versants. Le nom des communes en aléa fort et très fort est indiqué.

Évaluation du risque ruissellement et coulée de boue sur le territoire de l'EPAGE Sequana - Cartographie de l'aléa et du risque ruissellement et coulée de boue

| Nom Commune | Nb CatNat 1984-2018 | Aléa coulée de boue actuel | Aléa coulée de boue défavorable | Différence | Nom Commune | Nb CatNat 1984-2018 | Aléa coulée de boue actuel | Aléa coulée de boue défavorable | Différence |
|--------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------------|------------|-------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------------|------------|
| ARTHONNAY | 1 | 5 | 5 | | SAINT-MARC-SUR-SEINE | 3 | 1 | 4 | +3 |
| VANVEY | 1 | 5 | 5 | | VANNAIRE | 0 | 1 | 1 | |
| MONTIGNY-SUR-AUBE | 2 | 4 | 5 | +1 | BEAULIEU | 0 | 1 | 1 | |
| JULLY | 1 | 4 | 5 | +1 | BENEUVRE | 1 | 1 | 4 | +3 |
| CHAMESSON | 2 | 4 | 5 | +1 | BOUDREVILLE | 0 | 1 | 3 | +2 |
| DUESME | 0 | 4 | 4 | | GURGY-LE-CHATEAU | 0 | 1 | 1 | |
| QUEMIGNY-SUR-SEINE | 4 | 4 | 4 | | LEUGLAY | 2 | 1 | 1 | |
| RECEY-SUR-OURCE | 1 | 4 | 4 | | AISEY-SUR-SEINE | 1 | 1 | 4 | +3 |
| VIX | 1 | 4 | 4 | | VILLIERS-LE-DUC | 2 | 1 | 1 | |
| AMPILLY-LES-BORDES | 1 | 4 | 4 | | SENNEVOY-LE-BAS | 0 | 1 | 3 | +2 |
| BRION-SUR-OURCE | 5 | 4 | 4 | | MAISEY-LE-DUC | 0 | 1 | 1 | |
| AUTRICOURT | 4 | 3 | 4 | +1 | BUNCEY | 0 | 1 | 1 | |
| PUITS | 0 | 3 | 3 | | FAVEROLLES-LES-LUCEY | 1 | 1 | 1 | |
| LES GOULLES | 1 | 3 | 3 | | VILLEDIEU | 0 | 1 | 1 | |
| POISEUL-LA-VILLE-ET-LAPERRIERE | 0 | 3 | 4 | +1 | NOD-SUR-SEINE | 0 | 1 | 1 | |
| SAVOISY | 1 | 3 | 3 | | LA CHAUME | 0 | 1 | 1 | |
| CHATILLON-SUR-SEINE | 7 | 3 | 3 | | VOULAINES-LES-TEMPLIERS | 1 | 1 | 1 | |
| LAIGNES | 1 | 3 | 3 | | BUSSEAUT | 1 | 1 | 1 | |
| POTHIERES | 1 | 3 | 3 | | TERREFONDREE | 0 | 1 | 4 | +3 |
| AIGNAY-LE-DUC | 0 | 3 | 4 | +1 | BURE-LES-TEMPLIERS | 0 | 1 | 4 | +3 |
| MAUVILLY | 0 | 3 | 4 | +1 | NICEY | 0 | 1 | 3 | +2 |
| BEAUNOTTE | 1 | 3 | 3 | | ROCHEFORT-SUR-BREVON | 0 | 1 | 3 | +2 |
| CHANNAY | 0 | 3 | 3 | | BILLY-LES-CHANCEAUX | 0 | 1 | 1 | |
| MINOT | 1 | 3 | 3 | | ETALANTE | 0 | 1 | 1 | |
| ECHALOT | 0 | 3 | 4 | +1 | NOIRON-SUR-SEINE | 0 | 1 | 1 | |
| BELAN-SUR-OURCE | 5 | 3 | 4 | +1 | COURBAN | 1 | 1 | 3 | +2 |
| BELLENOD-SUR-SEINE | 0 | 2 | 4 | +2 | VILLAINES-EN-DUESMOIS | 1 | 1 | 1 | |
| CHEMIN-D'AISEY | 0 | 2 | 3 | +1 | GRANCEY-SUR-OURCE | 2 | 1 | 1 | |
| SAINTE-COLOMBE-SUR-SEINE | 1 | 2 | 3 | +1 | ESSAROIS | 1 | 1 | 4 | +3 |
| PRUSLY-SUR-OURCE | 0 | 2 | 5 | +3 | GOMMEVILLE | 1 | 1 | 3 | +2 |
| FONTAINES-EN-DUESMOIS | 0 | 1 | 3 | +2 | POINSENOT | 0 | 1 | 1 | |
| BISSEY-LA-COTE | 0 | 1 | 1 | | GURGY-LA-VILLE | 1 | 1 | 1 | |
| CHAUMONT-LE-BOIS | 0 | 1 | 1 | | NESLE-ET-MASSOULT | 0 | 1 | 3 | +2 |
| RIEL-LES-EAUX | 1 | 1 | 1 | | CERILLY | 2 | 1 | 3 | +2 |
| MASSINGY | 0 | 1 | 1 | | VILLERS-PATRAS | 1 | 1 | 1 | |
| | | | | | LIGNEROLLES | 0 | 1 | 1 | |

Tableau 12 : Nombre de CatNat total entre 1984 et 2018, classe d'aléa coulée de boue actuelle et classe d'aléa coulée de boue pour la situation la plus défavorable par commune. La différence exprime la différence de classe d'aléa coulée de boue entre la situation actuelle et la situation la plus défavorable.

2.5. VALIDATION DU MODÈLE

Pour tenter de valider les cartographies issues du modèle MESALES, la sinistralité (nombre d'arrêtés CatNat) de chacune des 71 communes précédemment étudiées a été confrontée à l'aléa coulée de boue de la commune, comme le suggère des travaux antérieurs (Colmar *et al.*, 2010; Le Bissonnais *et al.*, 2002). Les communes ont été classées dans une matrice de confusion selon leur classe d'aléa coulée de boue et leur nombre total de CatNat sur la période 1984-2018 (Tableau 13).

| Aléa coulée de boue actuel | Nombre total de CatNat par commune sur la période 1984-2018 | | | | | | |
|----------------------------|---|----|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 |
| 1 : Très faible | 24 | 12 | 4 | 1 | | | |
| 2 : Faible | 3 | 1 | | | | | |
| 3 : Moyen | 6 | 6 | | | 1 | 1 | 1 |
| 4 : Fort | 1 | 4 | 2 | | 1 | 1 | |
| 5 : Très fort | | 2 | | | | | |

Tableau 13 : Nombre de commune par classe d'aléa coulée de boue et par classe de nombre total de CatNat sur la période 1984-2018 (aléa coulée de boue pour la situation actuelle).

| Aléa coulée de boue actuel | Nombre total de CatNat par commune sur la période 1984-2018 | | | |
|----------------------------|---|-----|------------|------|
| | Nombre = 0 | | Nombre ≥ 1 | |
| 1 : Très faible | 24 | 59% | 17 | 41% |
| 2 : Faible | 3 | 75% | 1 | 25% |
| 3 : Moyen | 6 | 40% | 9 | 60% |
| 4 : Fort | 1 | 11% | 8 | 89% |
| 5 : Très fort | 0 | 0% | 2 | 100% |

Tableau 14 : Nombre de commune par classe d'aléa coulée de boue et par classe de nombre total (0 ou ≥ 1) de CatNat sur la période 1984-2018 (aléa coulée de boue pour la situation actuelle).

L'analyse de cette matrice révèle que l'ensemble des communes avec un nombre d'arrêtés CatNat supérieur ou égal à 4 sont celles avec un aléa coulée de boue moyen et fort. En agrégeant le nombre d'arrêtés CatNat en deux classes (0 ou ≥ 1), 100 % des communes en aléa coulée de boue très fort ont subi au moins 1 arrêté Catnat tout comme 90 % des communes en aléa coulée de boue fort. Ce chiffre descend à 60% pour les communes avec un aléa coulée de boue moyen. Pour les communes en classe d'aléa faible et très faible, 75 % et 59 % des communes, respectivement, n'ont pas subi de CatNat.

Ces chiffres démontrent une cohérence globale de la cartographie de l'aléa coulée de boue par commune. Comme évoqué par Colmar *et al.* (2010), les divergences observées entre sinistre et aléa peuvent avoir plusieurs explications :

- les modèles d'estimation ont en eux-mêmes un degré d'incertitude (pertinence du modèle, qualité des données d'entrée) ;

- les données de validation et notamment les CatNat ne reflètent pas de façon fiable l'intensité des phénomènes de coulée de boue d'une part parce que la procédure de déclaration CatNat n'est pas systématique, d'autre part parce que les CatNat « Inondations et coulées de boues » regroupent généralement deux processus : inondation par débordement de cours d'eau et inondation / coulée de boue par ruissellement, enfin il existe des CatNat depuis 1982 et les déclarations sont faites uniquement sur les biens assurés touchés ;
- la vulnérabilité des enjeux face à l'aléa coulée de boue n'est pas considérée.

Une meilleure compréhension de la sinistralité des communes passe donc, d'une part, par une meilleure documentation et bancarisation des déclarations de sinistre, et d'autre part, par une analyse du risque de coulée de boue, combinant l'aléa et la vulnérabilité des enjeux. Une méthode exploratoire d'évaluation du risque de coulée de boue est appliquée sur le territoire de l'EPAGE Sequana dans la suite de ce rapport.

3. Identification des zones à risques

La cartographie de l'aléa coulée de boue par commune constitue une première approche pour comprendre les sinistres déclarés mais aussi identifier les communes prioritaires pour la mise en place de mesures de protection contre les coulées de boue.

Toutefois, cette approche ne permet pas d'identifier les enjeux bâtis potentiellement exposés à l'aléa coulée de boue. Pour faire une telle évaluation du risque de coulée de boue, il est indispensable de disposer, d'une part, d'une cartographie spatialisée de l'aléa coulée de boue, et d'autre part, d'un inventaire et une caractérisation des enjeux.

N.B.

La présente étude a été l'occasion pour le BRGM de développer une méthode exploratoire de cartographie de l'aléa et du risque coulée de boue, détaillée dans la suite de ce rapport. L'objectif est de hiérarchiser à grande échelle le niveau de risque coulée de boue de chaque commune.

Les cartographies produites par cette méthode ne peuvent pas être utilisées à une échelle plus fine, notamment pour une intégration dans les documents de planification type Plan Local d'Urbanisme. Le zonage du risque à cette échelle est possible, mais nécessite des études supplémentaires.

Le risque naturel est considéré comme une mesure de la dangerosité qui résulte de la confrontation de l'aléa naturel et des enjeux.

L'aléa peut être défini selon plusieurs facteurs : une **intensité** (pourquoi et comment ?), une **occurrence spatiale** (où ?) et **temporelle** (quand ?, durée ?).

Les enjeux sont les structures, les populations et l'environnement directement ou indirectement touchés par l'aléa. Ces derniers constituent donc les cibles impactées par l'aléa.

Afin de définir les risques liés aux phénomènes de coulées de boue, un travail de croisement entre l'aléas et les enjeux a été réalisé sur le territoire de l'EPAGE Sequana.

3.1. ALÉA COULÉE DE BOUE

La réalisation d'une cartographie de l'aléa coulée de boue se base sur le calcul par maille d'un indice coulée de boue. Après plusieurs essais, la formulation retenue a été de multiplier l'aire drainée (en ha) en aléas érosion des sols fort et très fort avec la pente locale. L'aire drainée est déterminée selon un algorithme de routage de flux de type « Multiple FlowDirection » de façon à approximer l'étalement d'une coulée de boue dans les talwegs.

Les valeurs de l'indice ont ensuite été réparties en 4 classes d'aléa (très faible, faible, moyen et fort). Les bornes des classes ont été définies à dire d'expert avec comme logique d'identifier les talwegs à pente forte drainant des versants agricoles en aléa érosion fort et très fort (Figure 42).

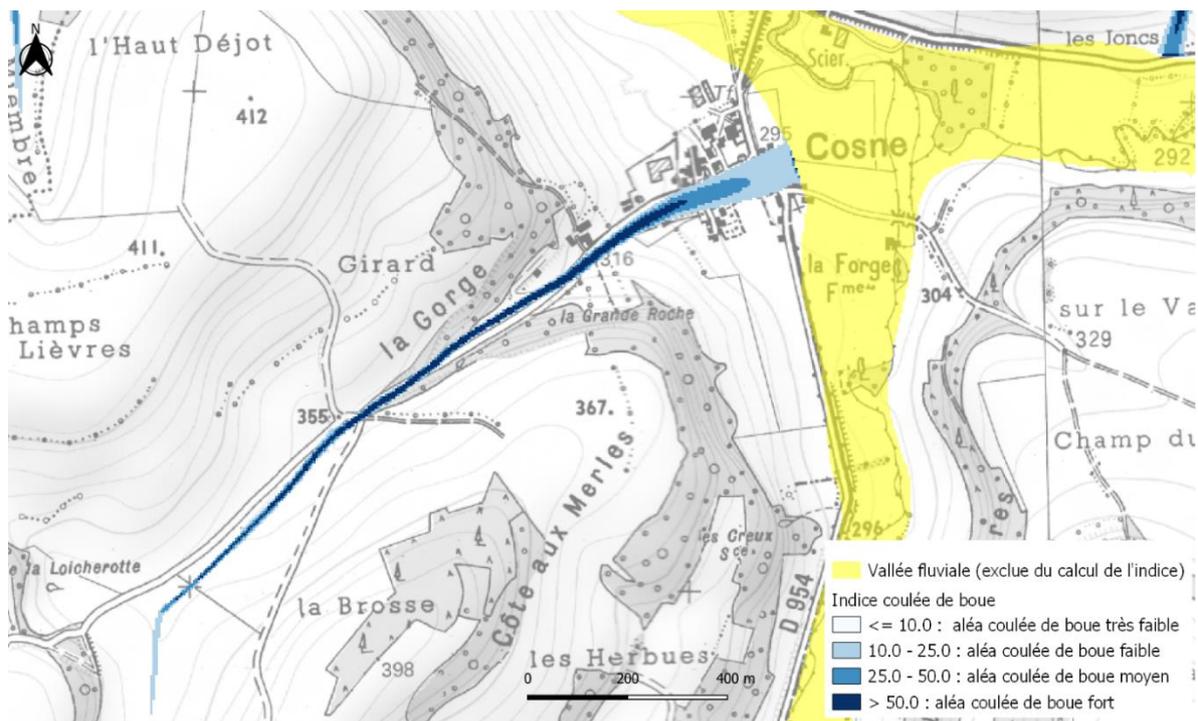


Figure 42 : Illustration de l'indice coulée de boue utilisé pour la définition de l'aléa coulée de boue.

L'indice coulée de boue a été calculé pour la situation actuelle et la situation la plus défavorable. Dans la suite du document, ces indices sont croisés avec les enjeux afin d'effectuer une évaluation du risque coulée de boue.

Cette méthode de cartographie de l'aléa coulée de boue reste exploratoire et permet d'identifier et de hiérarchiser les principaux talwegs à l'échelle d'un grand territoire. **À une échelle plus fine, cette cartographie nécessite d'être validée sur le terrain. De nombreux éléments anthropiques (routes, chemins, fossés) sont susceptibles de modifier la direction des écoulements dans les talwegs et ainsi peuvent modifier l'exposition des enjeux.**

3.2. INVENTAIRE ET HIÉRARCHISATION DES ENJEUX

Les enjeux correspondent aux infrastructures anthropiques pouvant être impactées par les coulées de boue. Ces enjeux sont divers : *habitations privées, routes, bâtiments publics, commerciaux, industriels, de culture, captages, réseaux d'eau, réseaux électriques, etc., et dans le cas le plus dramatique, les vies humaines.*

Les bases de données IGN, et plus particulièrement la base de données BD TOPO, ont permis de recenser les enjeux sur le territoire de l'EPAGE Sequana :

- les bâtiments industriels, commerciaux et agricoles ;
- les bâtiments administratifs (mairies, sous-préfecture) ;
- les bâtiments de secours (gendarmeries, hôtel de police, caserne pompiers,) ;
- les bâtiments de santé (hôpital, maison de retraite) ;
- les monuments historiques ;
- les lieux de cultes ;
- les bâtiments liés à l'enseignement ;

- les réseaux de transport ;
- les infrastructures de réseau d'eau et d'électricité ;
- les bâtiments résidentiels.

Remarque : Cette base de données ne permet pas d'obtenir précisément l'emprise surfacique des bâtiments résidentiels. Cet enjeu a donc été approché via la couche « bâtis indifférencié » proposée dans la BD TOPO. Cette couche recense les bâtiments en dur dont l'architecture ou l'aspect n'est pas industriel, agricole, administratif ou commercial. Le choix a donc été pris d'utiliser la couche des bâtis indifférenciés comme étant potentiellement des bâtiments résidentiels.

Sur le Territoire de l'EPAGE Sequana, 36 804 bâtiments sont dénombrés et représentent 0,5 % de l'occupation des sols du territoire. Sur ce total, environ 75 % correspondent potentiellement à des bâtiments résidentiels tandis que le reste des bâtiments se subdivise en plusieurs catégories :

- les bâtiments administratifs ;
- les bâtiments industriels ;
- les bâtiments agricoles ;
- les bâtiments religieux ;
- les infrastructures sportives ;
- les monuments historiques.

De plus, un linéaire routier de 10 350 km (route et chemin compris) dessert le territoire de l'EPAGE Sequana auquel s'ajoutent trois lignes ferroviaires de 100 km :

- la ligne de Saint-Julien (10) à Gray (70) ;
- la ligne de Bricon (52) à Châtillon-sur-Seine (21) ;
- la ligne de Nuits-sous-Ravières (89) à Châtillon-sur-Seine (21).

Les enjeux composant le territoire de l'EPAGE Sequana sont donc différents selon leur nature, leur fonction et leur occupation. Pour prendre en compte ces différences, un système de classification permettant de trier les enjeux par ordre d'importance a été établi et validé par l'EPAGE Sequana (Tableau 15).

| Niveau d'importance | Description |
|---------------------|---|
| 1 | Chemins agricoles, pistes, sentiers |
| 2 | Routes et voies ferrées |
| | Bâtiments industriels, commerciaux et agricoles |
| | Bâtiments ou sites liés à la culture, aux loisirs, au sport (camping, musée, terrains de sport...) |
| | Monuments historiques |
| | Lieux de culte |
| 3 | Bâtis indifférenciés (Habitations) |
| | Bâtiments liés à l'enseignement |
| 4 | Infrastructure de réseau d'eau et d'électricité : station de pompage, traitement de l'eau, poste de transformation |
| | Bâtiments publics et administratifs indispensables à la gestion de crise : Mairie, sous-préfecture, gendarmerie, caserne de pompier |
| | Bâtiments de santé : hôpitaux, médecin |

Tableau 15 : Hiérarchisation des enjeux selon leur importance face à une crise provoquée par du ruissellement et des coulées de boues.

Les bâtiments et les réseaux de transport présents sur le territoire de l'EPAGE Sequana sont notés de 1 à 4 selon leur répartition dans la classification. Cette répartition est opérée selon une approche qualitative, en prenant en compte les répercussions des impacts potentiels des coulées de boue sur la population. La Figure 43 illustre le rendu cartographique de la classification des enjeux.

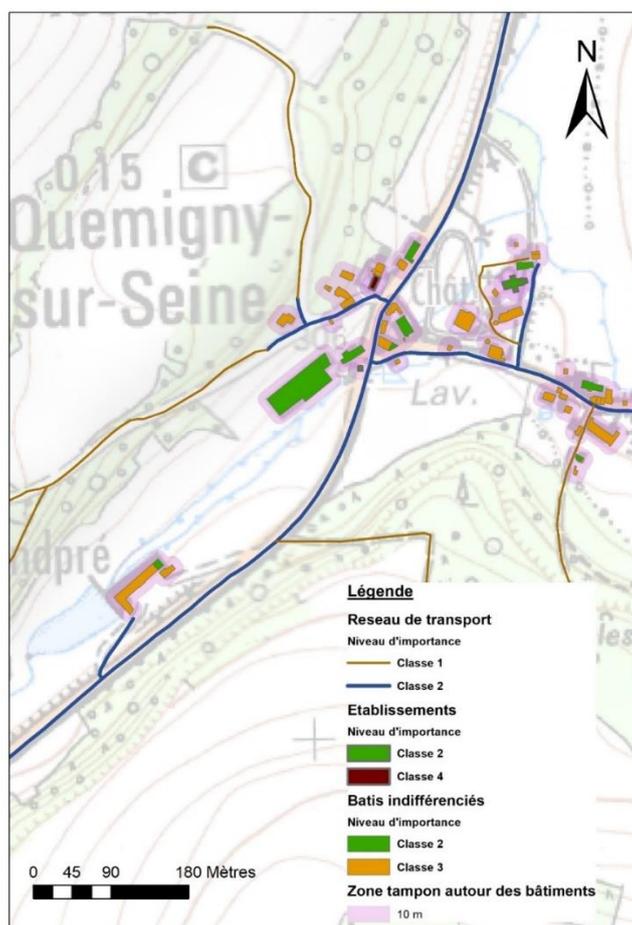


Figure 43 : Extrait cartographique de la représentation des bâtiments et du réseau de transport selon leur classe d'importance.

3.3. MÉTHODE D'ÉVALUATION DU RISQUE

La cartographie du risque coulée de boue repose sur un croisement entre la cartographie de l'aléa coulée de boue et la cartographie des enjeux (Figure 44). L'approche est différente pour les enjeux surfaciques (bâti) et les enjeux linéaires (routes, chemins, etc.).

Pour les enjeux surfaciques de type « bâti », l'enveloppe aléa coulée de boue est croisée avec le bâti. Cette étape de croisement est importante car elle permet de discriminer les bâtiments avec et sans aléa.

Sur les 36 804 bâtiments situés sur le Territoire de l'EPAGE Sequana :

- 1 766 bâtiments sont exposés à l'aléa coulée de boue intrinsèque répartis sur 99 communes
- 905 bâtiments sont exposés à l'aléa coulée de boue annuel répartis sur 76 communes.

Pour chacun de ces bâtiments, il est attribué la valeur maximale des mailles de l'aléa coulée de boue. Afin de ne pas omettre de bâtis dans le croisement, due à l'imprécision du géoréférencement des bâtiments, une zone tampon de 10 m autour de chaque bâtiment est réalisée préalablement.

Pour les enjeux linéaires (réseaux de transport), l'enveloppe coulée de boue est croisée avec le linéaire de route, de chemins et des voies ferrées. Comme pour les enjeux bâtis, il leur est attribué la valeur maximale des mailles de l'aléa coulée de boue.

Un extrait cartographique du croisement entre les enjeux et l'aléa coulée de boue intrinsèque est présenté en Figure 44.

Une fois la classe d'aléa coulée de boue et le niveau d'importance de chaque enjeu connus, le risque coulée de boue peut-être déterminé en suivant la clef de répartition présentée dans le Tableau 16.

| | Enjeu | | | |
|------|--------|--------|-----------|-----------|
| Aléa | 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 |

Tableau 16 : Méthode d'évaluation du risque de ruissellement et de coulée de boue à partir du niveau d'importance des enjeux et de l'aléa.

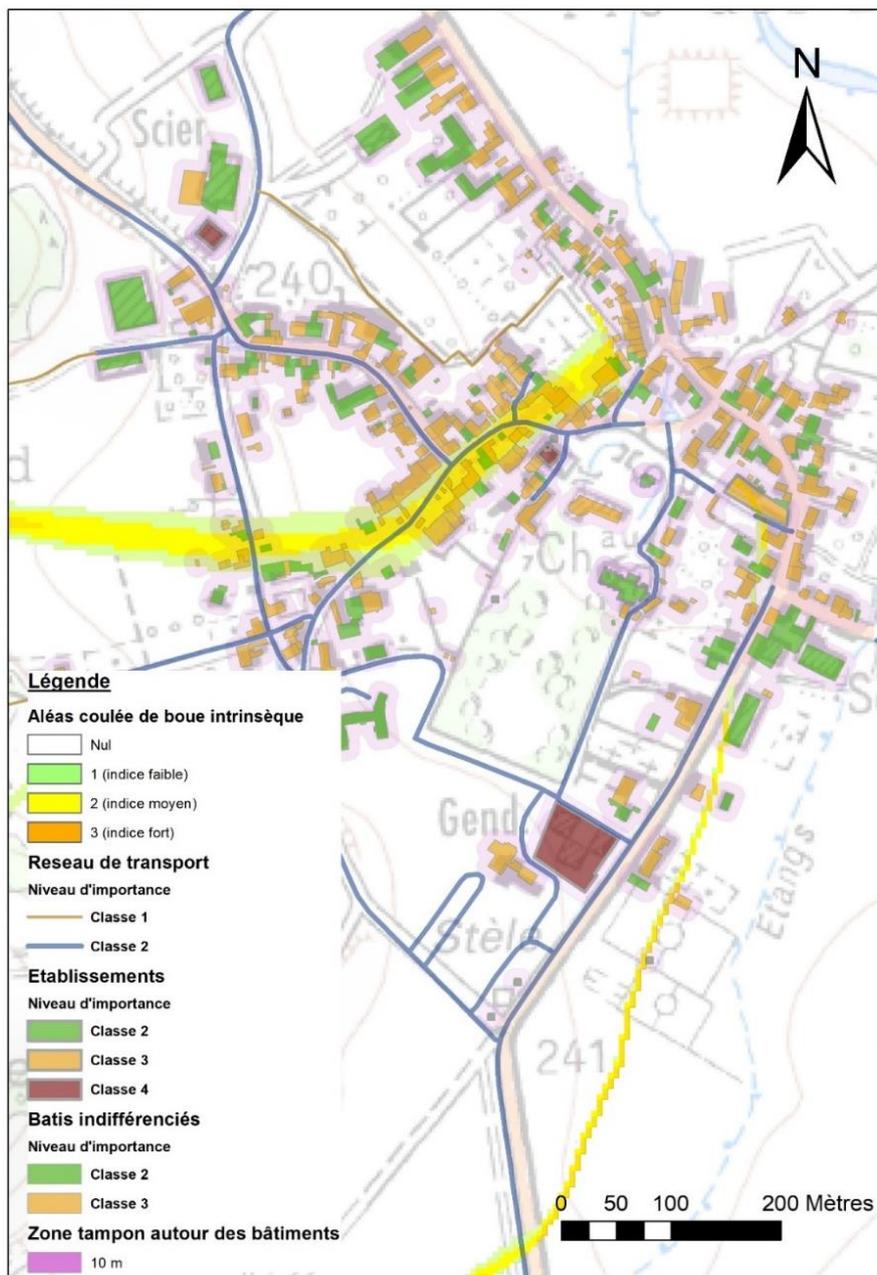


Figure 44 : Extrait cartographique du croisement entre les enjeux et l'aléa coulée de boue intrinsèque.

3.4. RÉSULTATS

Les cartographies des risques issues du croisement aléa coulée de boue et enjeux sont présentées à une échelle communale. Un extrait de ces cartographies est présenté en Figure 45.

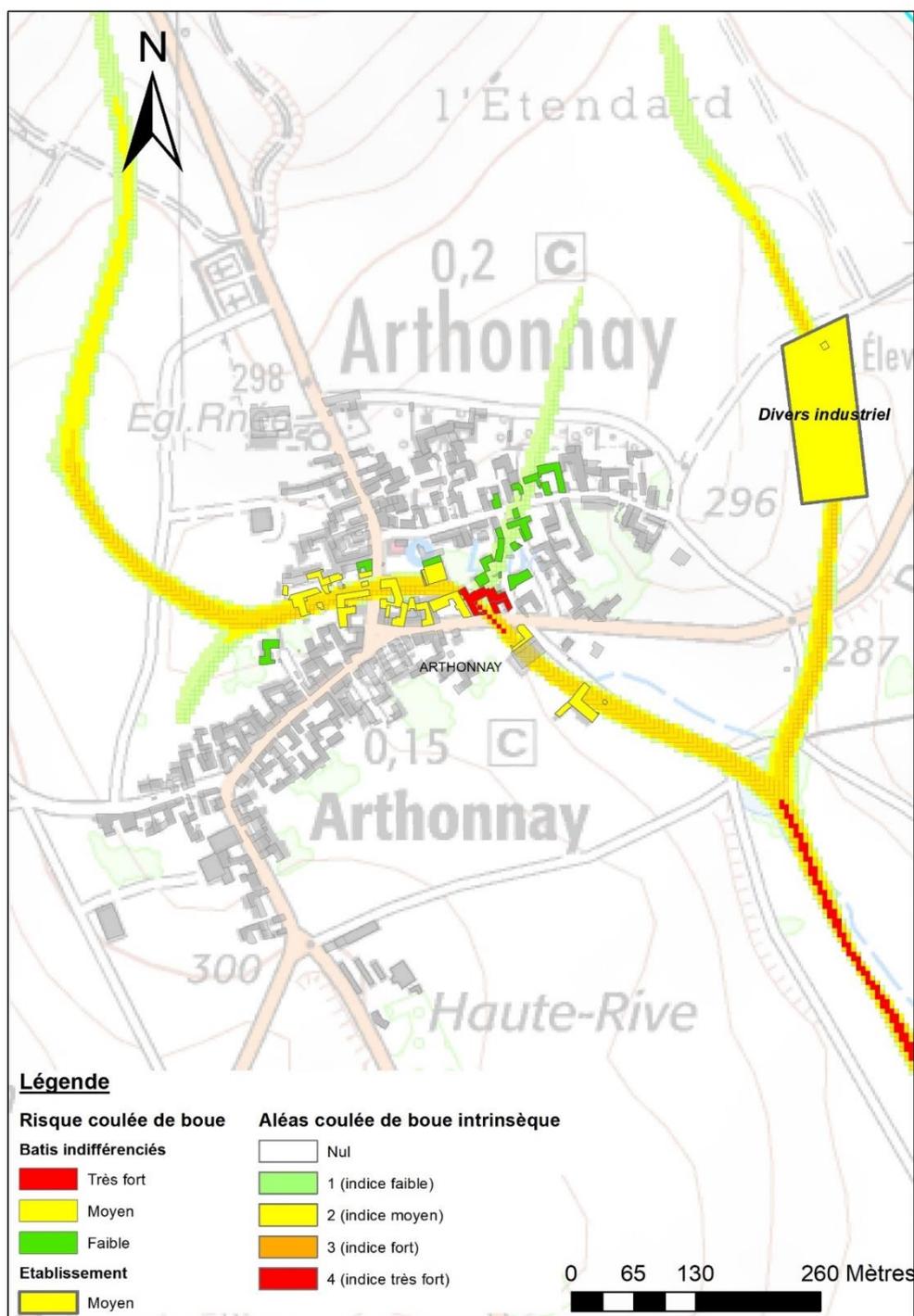


Figure 45 : Extrait de la carte du risque coulée de boue intrinsèque.

3.4.1. Analyse du risque de coulée de boue à l'échelle de l'EPAGE Sequana

Les représentations graphiques en Figure 46 et Figure 47 permettent d'identifier la répartition du risque coulée de boue sur l'ensemble du territoire de l'EPAGE Sequana. Elles permettent de visualiser la répartition des bâtiments du territoire selon les différentes classes de risque liées à l'aléa coulée de boue intrinsèque (Figure 46) et l'aléa coulée de boue annuel (Figure 47).

Bâtiments concernés par l'aléa coulée de boue intrinsèque du Territoire du Contrat SEQUANA

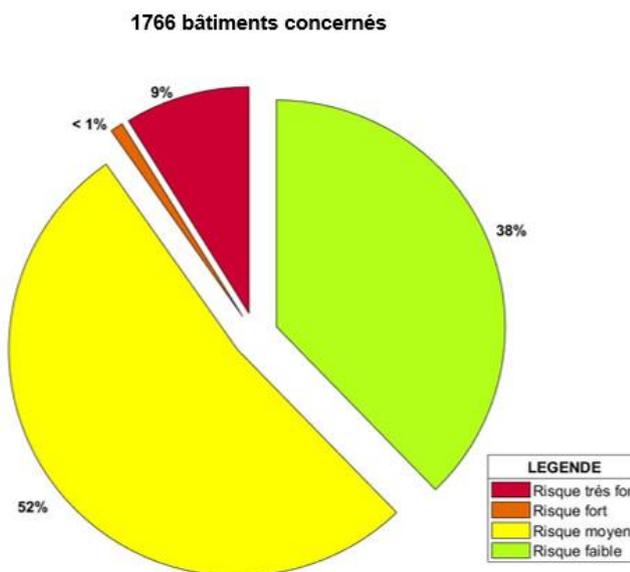


Figure 46 : Répartition des bâtiments du territoire de l'EPAGE Sequana par rapport au risque coulée de boue intrinsèque.

Bâtiments concernés par l'aléa coulée de boue intrinsèque du Territoire du Contrat SEQUANA

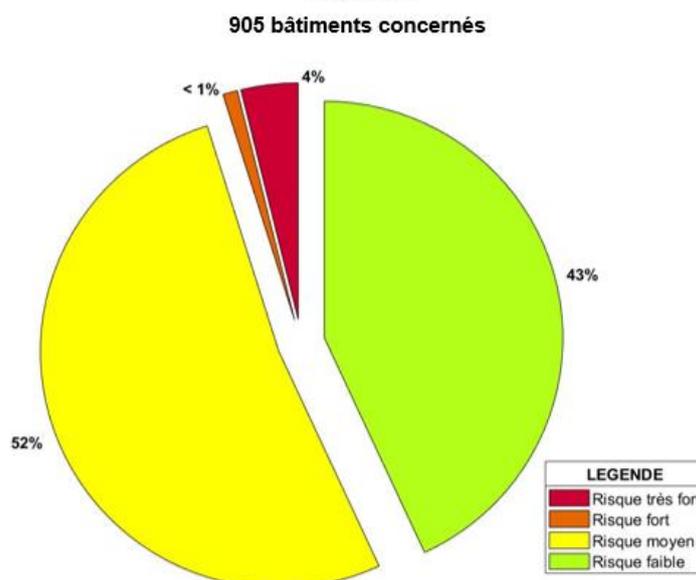


Figure 47 : Répartition des bâtiments du territoire de l'EPAGE Sequana par rapport au risque coulée de boue annuel.

Le nombre de bâtiments du territoire de l'EPAGE Sequana exposés au risque coulée de boue diffère selon si on utilise l'aléa coulée de boue intrinsèque (1 776 bâtiments concernés) ou l'aléa coulée de boue annuel (905 bâtiments concernés). L'aléa coulée de boue intrinsèque a une emprise sur le territoire plus grande que l'aléa coulée de boue annuel. La répartition des bâtiments par classe de risque est cependant proche. Toutefois, le pourcentage de bâtiments se situant en risque très fort est deux fois plus important pour un aléa coulée de boue intrinsèque (9 %) qu'un aléa coulée de boue annuel (4 %).

Les bâtiments du territoire de l'EPAGE SEQUANA concernés par les coulées de boue se situent principalement dans des risques faible (environ 40 %) à moyen (52 %).

3.4.2. Analyse du risque de coulée de boue à l'échelle communale

Chaque commune dispose de renseignements sur :

- le nombre de bâtiments et d'infrastructures routières et ferroviaires concernés par l'aléa coulée de boue ;
- la répartition des bâtiments par rapport aux 4 classes de risques (faible à très fort).

Pour chaque commune, le risque individuel de chaque bâtiment et de chaque infrastructure routières et ferroviaires sont sommés dans l'optique d'identifier les communes les plus sensibles à l'aléa coulée de boue.

Pour une lecture simplifiée des résultats, une représentation graphique de la répartition des bâtiments par niveau de risque et par commune a été produite (*Figure* et Figure 48).

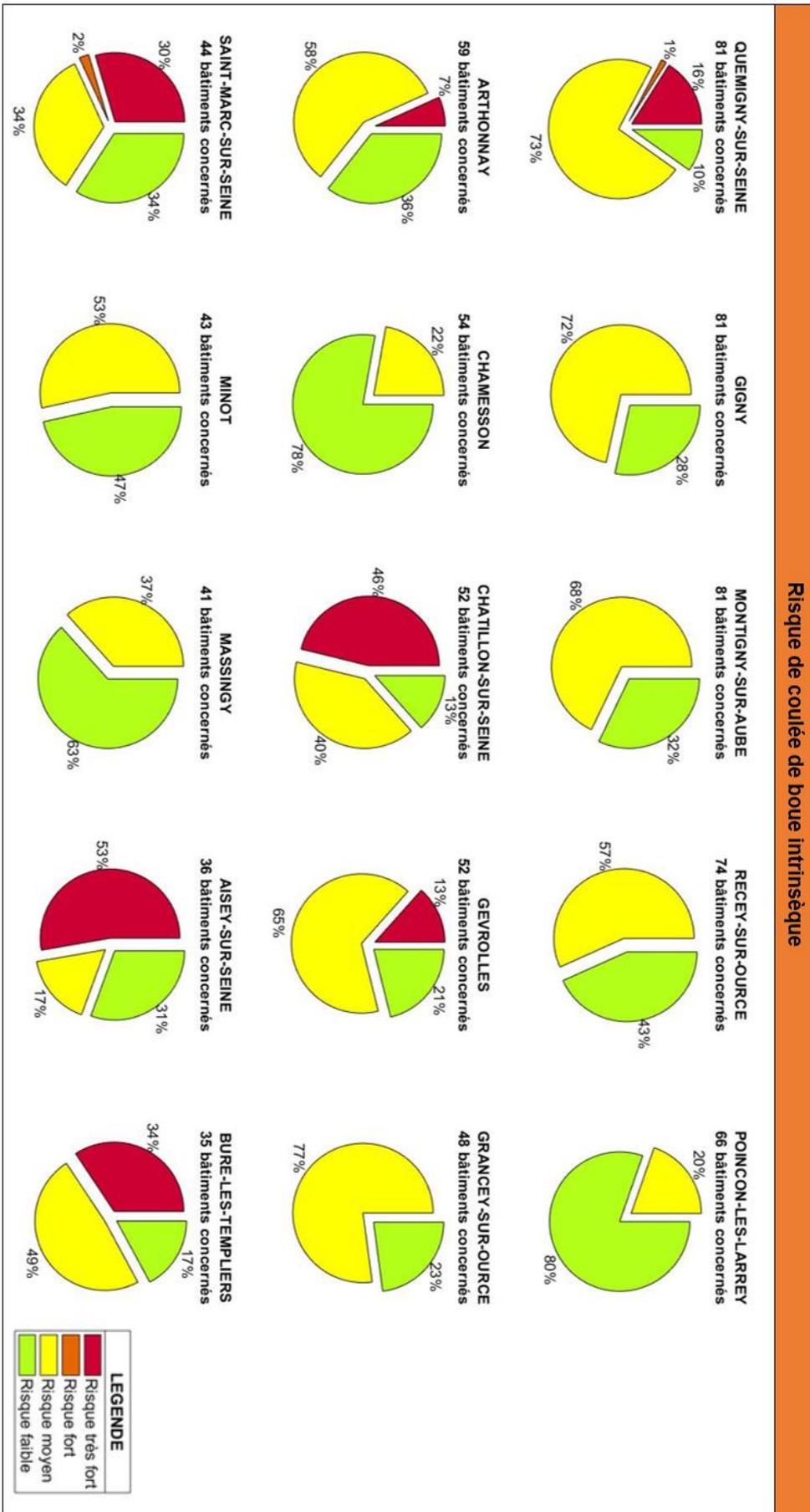


Figure 48 : Graphiques représentant par commune la répartition des niveaux de risque coulée de boue intrinsèque sur le bâti (extrait de l'Annexe 1).

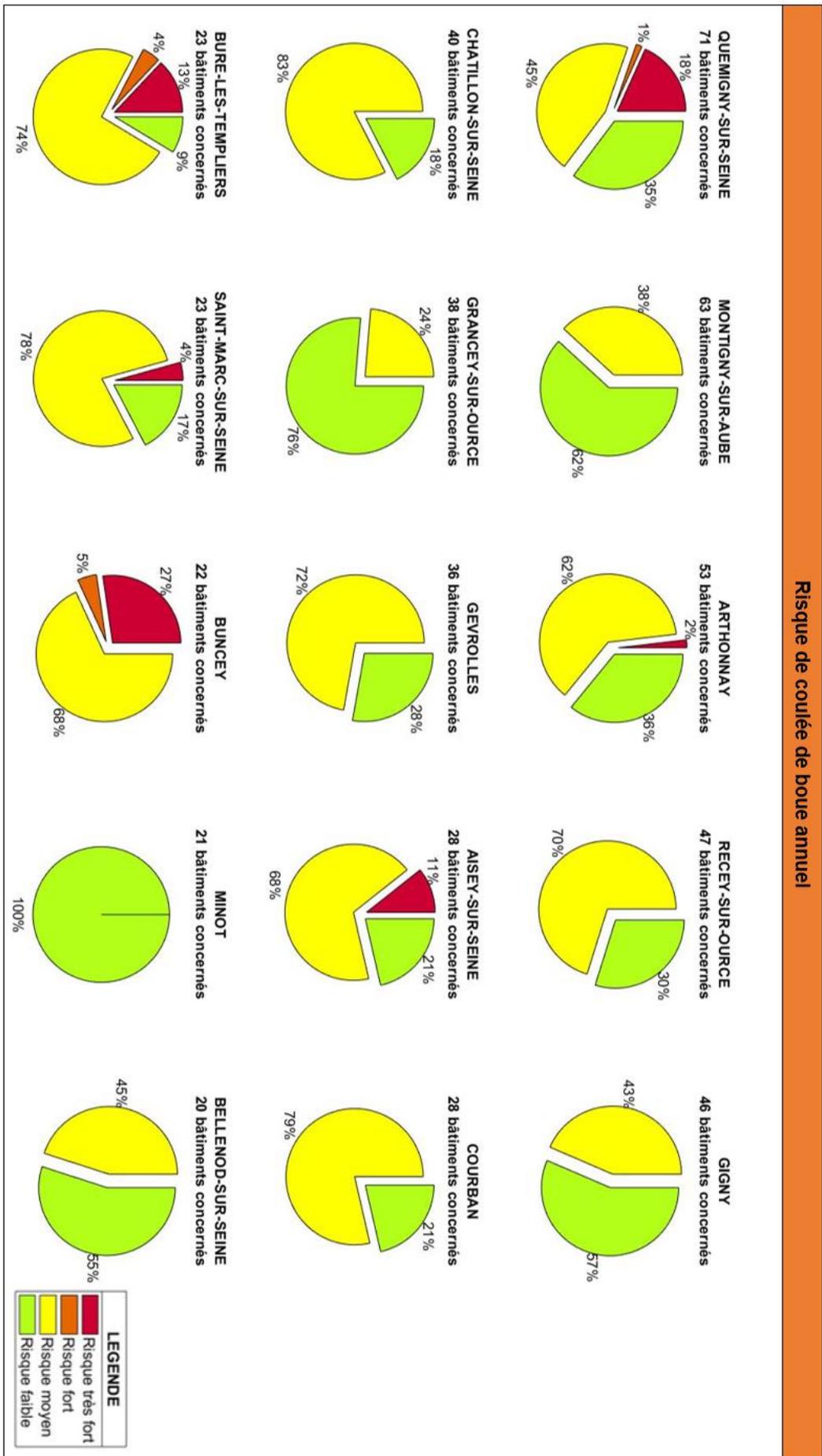


Figure 48 : Graphiques représentant par commune la répartition des niveaux de risque coulée de boue annuel sur le bâti (extrait de l'Annexe 1)

a) Analyse du risque de coulée de boue sur le bâti

Les résultats pour les bâtiments sont représentés à travers des graphiques qui exposent les 21 communes ayant le plus grand nombre de bâtiments exposés à un risque coulée de boue (Figure 49, Figure 51 et Figure 53).

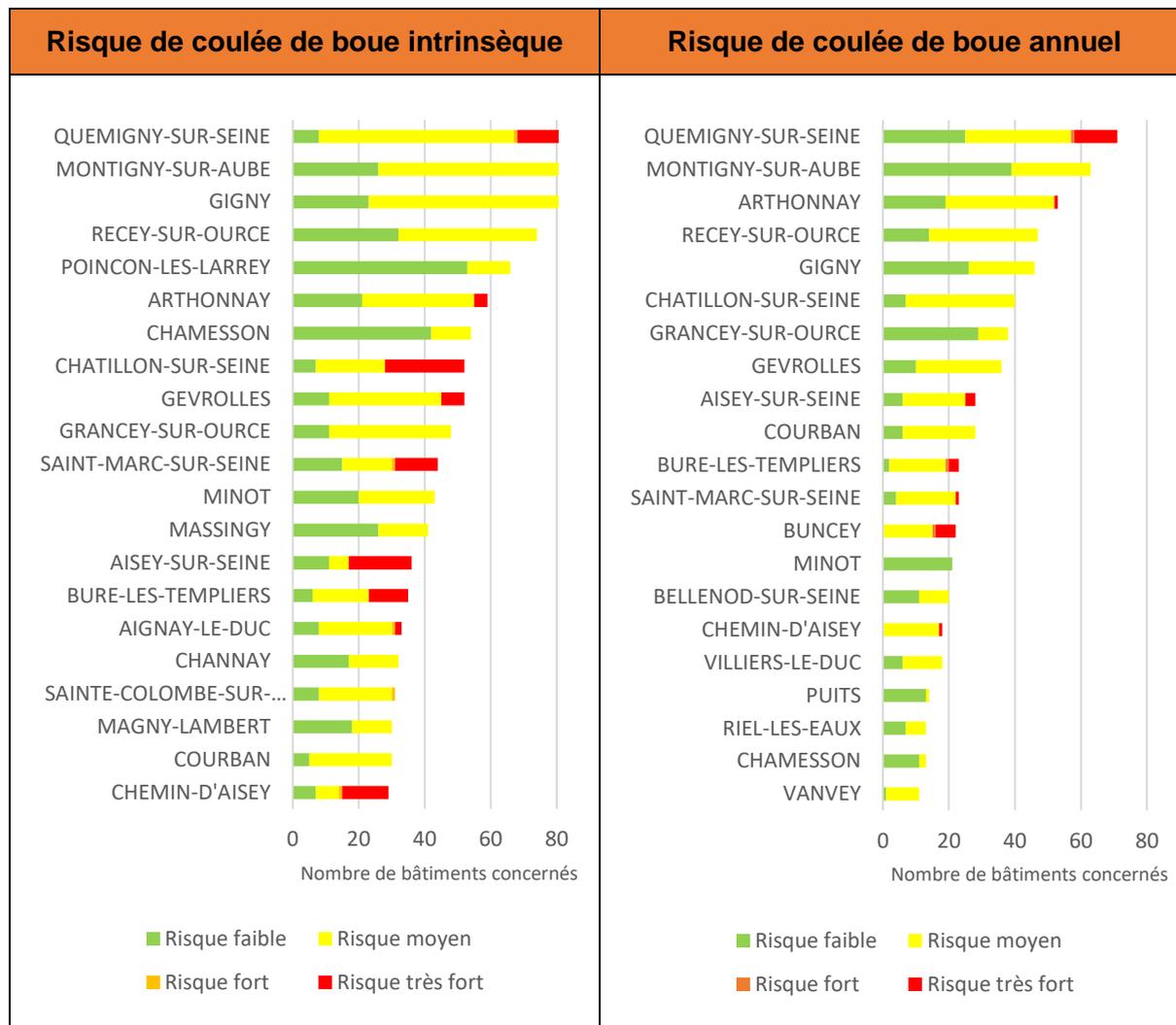


Figure 49 : Classement des communes suivant le nombre de bâtiments exposés au risque coulée de boue intrinsèque et annuel.

Parmi l'ensemble des communes du territoire de l'EPAGE Sequana, les communes de *Quemigny-sur-Seine* (de 71 à 81 bâtiments), *Montigny-sur-Aube* (de 63 à 81 bâtiments), *Gigny* (de 46 à 81 bâtiments), *Recey-sur-Ource* (de 47 à 74 bâtiments) et *Arthonnay* (de 53 à 59 bâtiments) sont les plus exposées au risque coulée de boue (Figure 50).

Un tableau récapitulatif des résultats est présenté en Annexe 4.

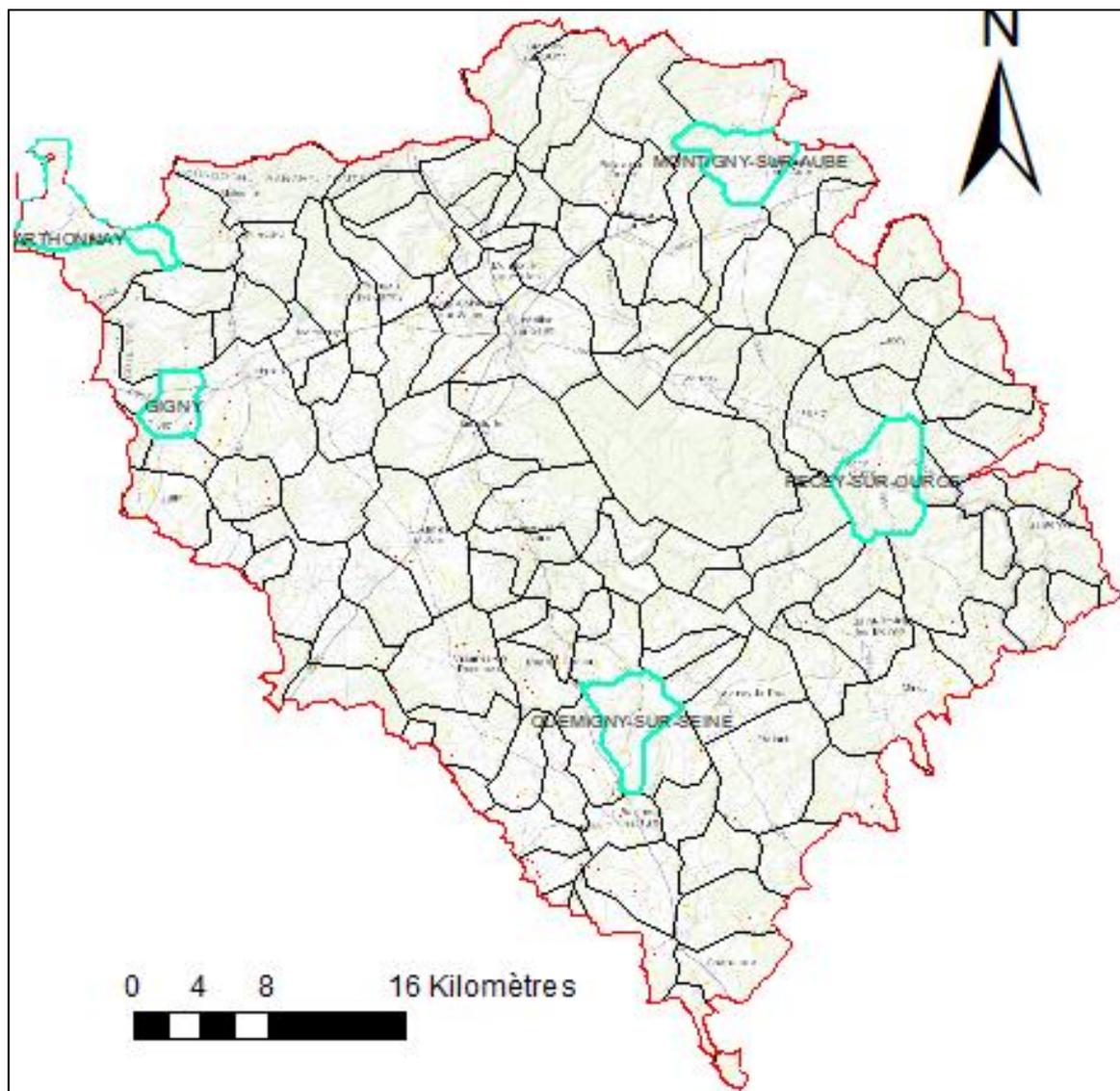


Figure 50 : Communes comprenant le plus grand nombre de bâtiments exposés à un risque coulée de boue.

La hiérarchisation des communes diffère lorsque sont pris en compte uniquement les bâtiments exposés à des risques fort à très fort (Figure 51).

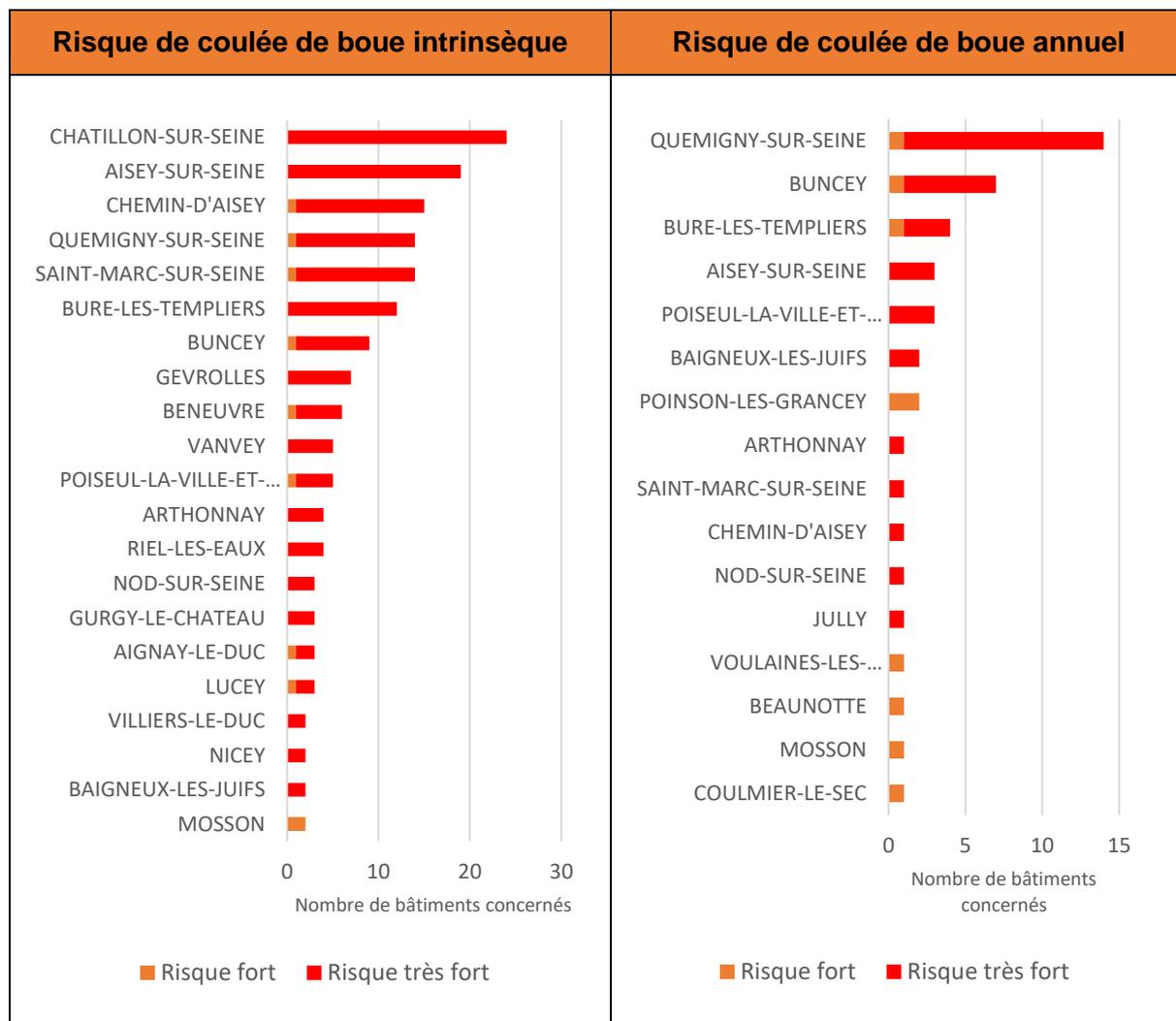


Figure 51 : Classement des communes suivant le nombre de bâtiments exposés au risque coulée de boue intrinsèque et annuel fort à très fort.

La commune de *Quemigny-sur-Seine* est la seule à avoir une hiérarchisation quasi équivalente entre le graphique de la Figure 49 et celui de la Figure 51. D'autres communes sont mises en avant : *Buncey* (de 7 à 9 bâtiments), *Bure-les-Templier* (de 4 à 12 bâtiments), *Aisey-sur-Seine* (3 à 19 bâtiments), et *Poiseul-la-Ville-et-Laperrière* (de 3 à 5 bâtiments).

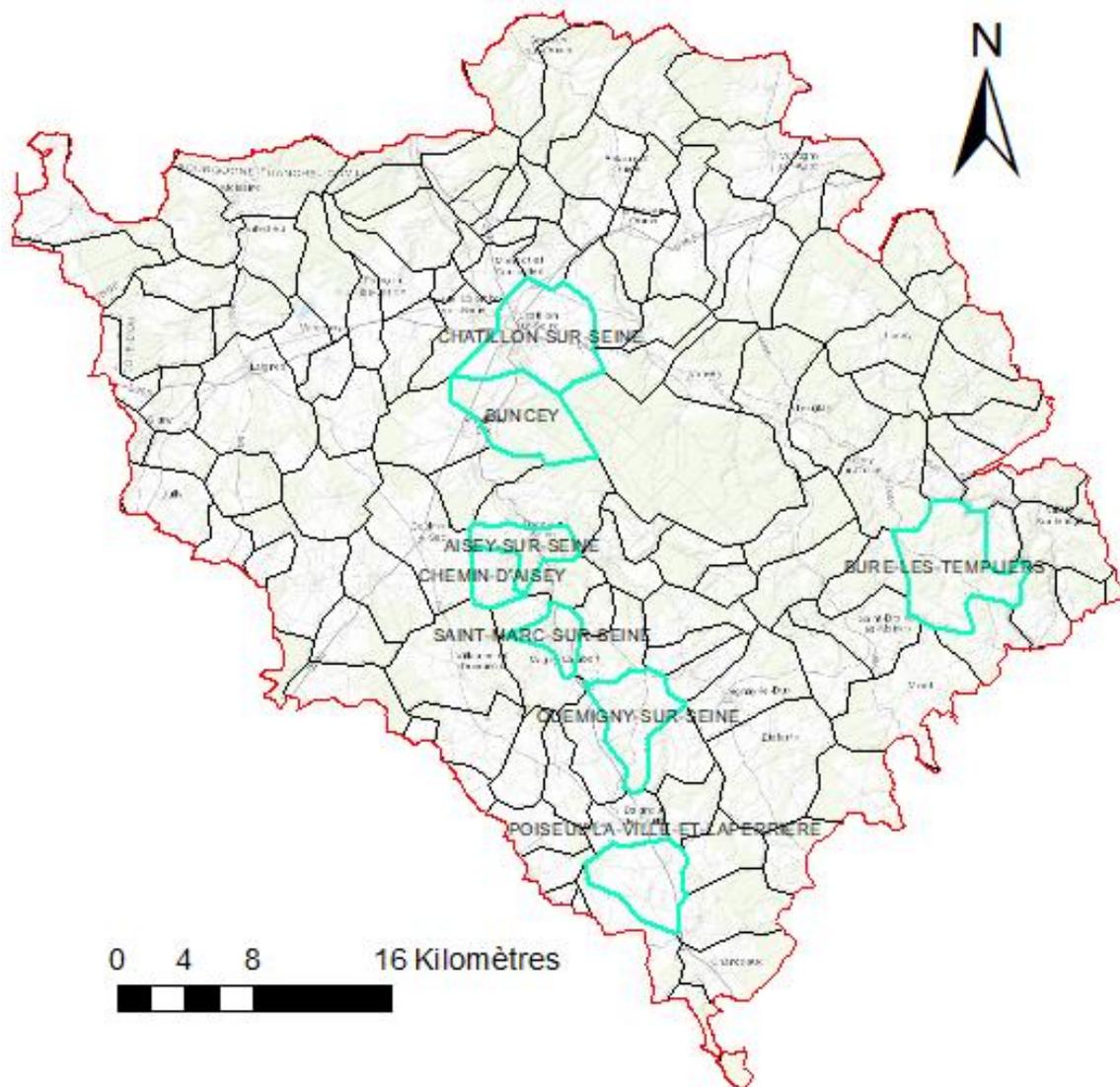


Figure 52 : Communes comprenant le plus grand nombre de bâtiments exposés à un risque coulée de boue fort à très fort.

On note également que les communes de *Chatillon-sur-Seine* (0 à 24 bâtiments), de *Chemin-d'Aisey* (de 1 à 15 bâtiments) et de *Saint-Marc-sur-Seine* (de 1 à 14 bâtiments) présentent une exposition au risque coulée de boue hétérogène entre un aléa coulée de boue intrinsèque ou annuel (Figure 52).

Les graphiques présentés ci-dessus montrent une diminution notable des risques (notamment les risque fort à très fort) entre l'aléa coulée de boue intrinsèque et l'aléa coulée de boue annuel. Cette différence témoigne de la forte influence du couvert végétal agricole sur le phénomène de coulée de boue.

b) Analyse du risque de coulée de boue sur le réseau de transport

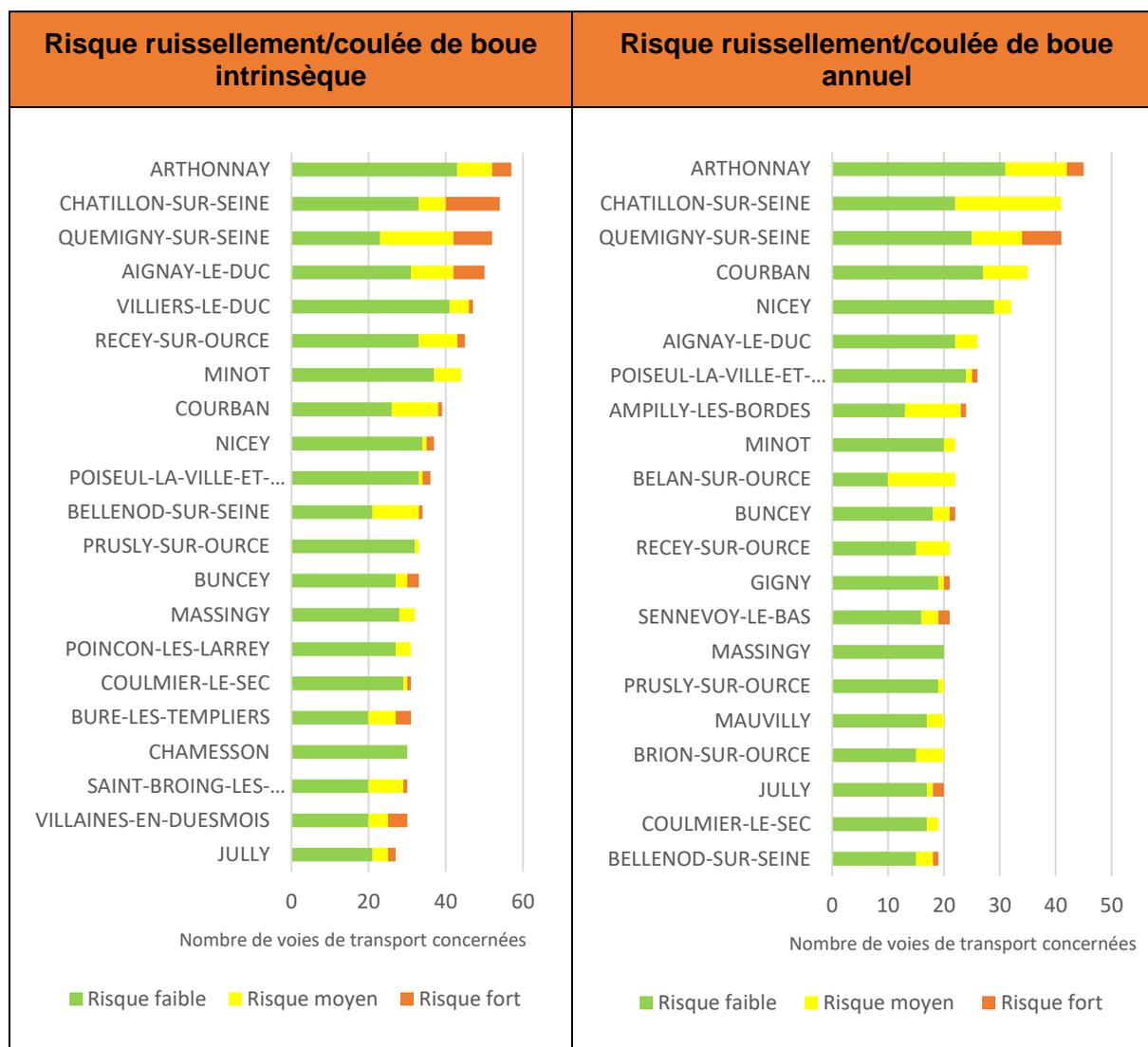


Figure 53 : Classement des communes suivant le nombre de tronçons du réseau de transport exposés au risque coulée de boue intrinsèque et annuel.

Le classement des communes selon les tronçons du réseau de transport exposés au risque coulée de boue (Figure 53) recense des communes déjà mises en évidence lors de l'analyse du risque sur le bâti. Les communes d'Arthonnay, de Quemigny-sur-Seine, d'Aignay-le-Duc et de Chatillon-sur-Seine occupent encore les premières places notamment pour les risques forts.

3.4.3. Croisement entre le risque de coulée de boue et la sinistralité CatNat

D'un point de vue général, les communes exposées à des risques liés aux coulées de boue présentent une organisation du territoire qui est globalement identique à chaque fois : **un centre-bourg situé à l'exutoire d'un ou de plusieurs talwegs secs et drainant un ou plusieurs bassins versants agricoles**. Les zones de talwegs concentrent le ruissellement. Ce sont des vecteurs de transfert de la matière érodée d'un point amont (zone de culture) vers un point aval : zone urbaine. **La vitesse de transfert via ces talwegs est rapide** et souvent aggravée par la présence de réseaux de routes et de chemins dans ces talwegs et sur les versants pentus.

Les résultats du traitement du risque coulée de boue intrinsèque et annuel ont été comparés aux données historiques des arrêtés CatNat inondation/coulée de boue des communes du territoire de l'EPAGE Sequana (Figure 54).

La liste des communes présentant des risques importants liés à des coulées de boue est globalement cohérente avec la liste des communes présentant des arrêtés CatNat inondation/coulée de boue. Les communes de *Chatillon-sur-Seine*, *Quemigny-sur-Seine* et de *Grancey-sur-Ource* qui ont connu plusieurs arrêtés CatNat inondation/coulée de boue ressortent bien dans l'évaluation des risques. *À contrario*, l'évaluation des risques pour les communes de *Brion-sur-Ource* et *Belan-sur-Ource*, *Laignes*, *Griselle*, *Vix*, *Montbard* et *Veuxhaulles-sur-Ource* ne semble pas corroborer le nombre non négligeable d'arrêtés CatNat émis par ces communes. En effet le risque coulée de boue pour ces communes est compris entre risque nul à risque moyen pour un nombre de bâtis limité (Figure 54). Cette différence peut s'expliquer par l'imprécision du contenu des arrêtés CatNat pour lesquels le type de phénomène (inondation ou coulée de boue) n'est souvent pas précisé. Ces CatNat peuvent correspondre à des inondations par débordement de cours d'eau d'autant plus que les communes concernées se situent pour la plupart en bordure de cours d'eau (la Laigne, la Seine, l'Ource et l'Aube) ou à des remontées de nappes phréatiques (Laignes). Les infrastructures anthropiques peuvent également être à l'origine de cette différence. Les routes, fossés peuvent être des vecteurs préférentiels de diffusion de la coulée de boue alors qu'ils ne se situent pas dans la zone de plus grande pente (zone modélisée dans le cadre de ce projet).

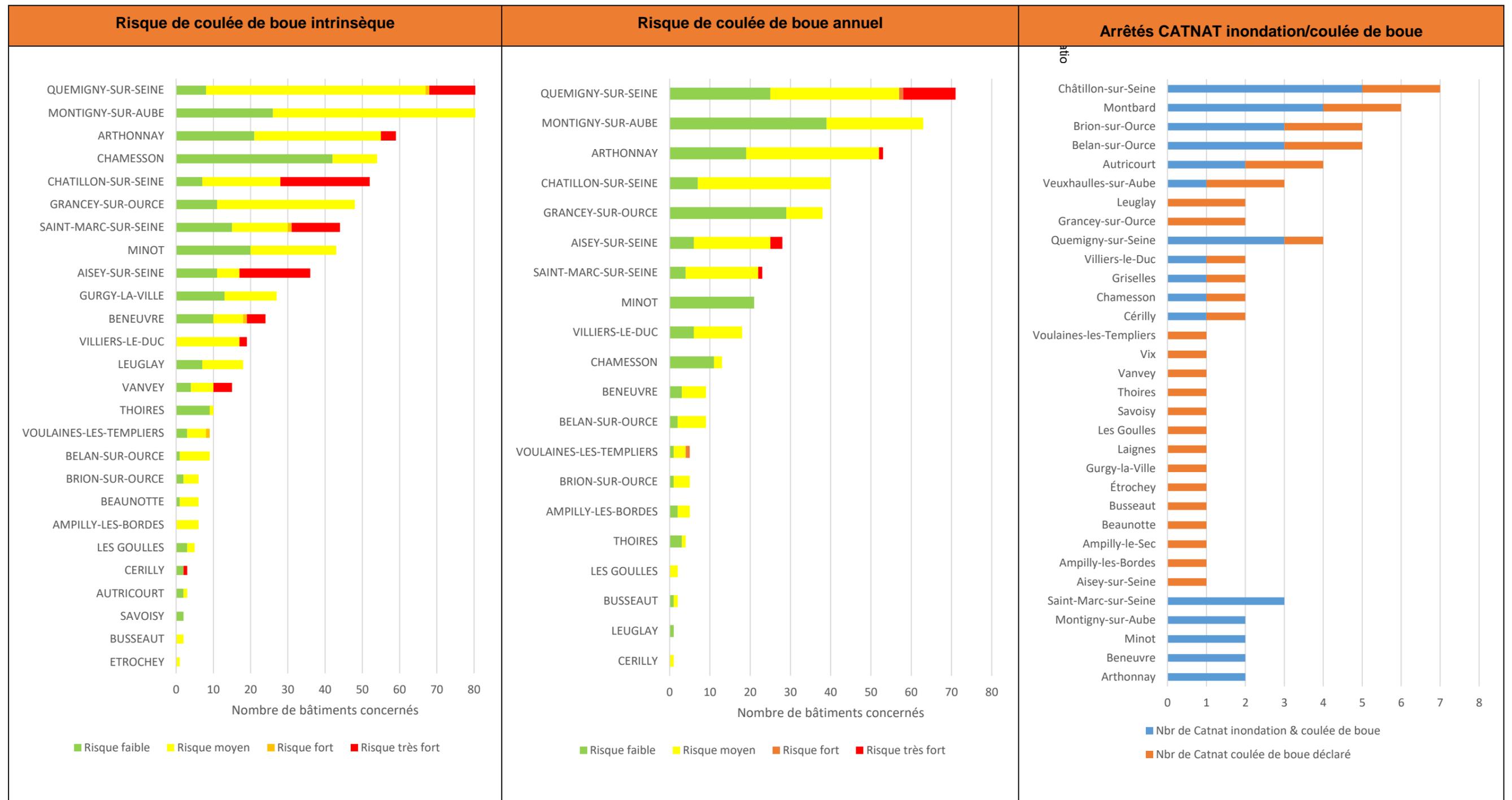


Figure 54 : Comparaison des données risque coulée de boue intrinsèque et annuel des communes concernées par des arrêtés CatNat inondation/coulée de boue.

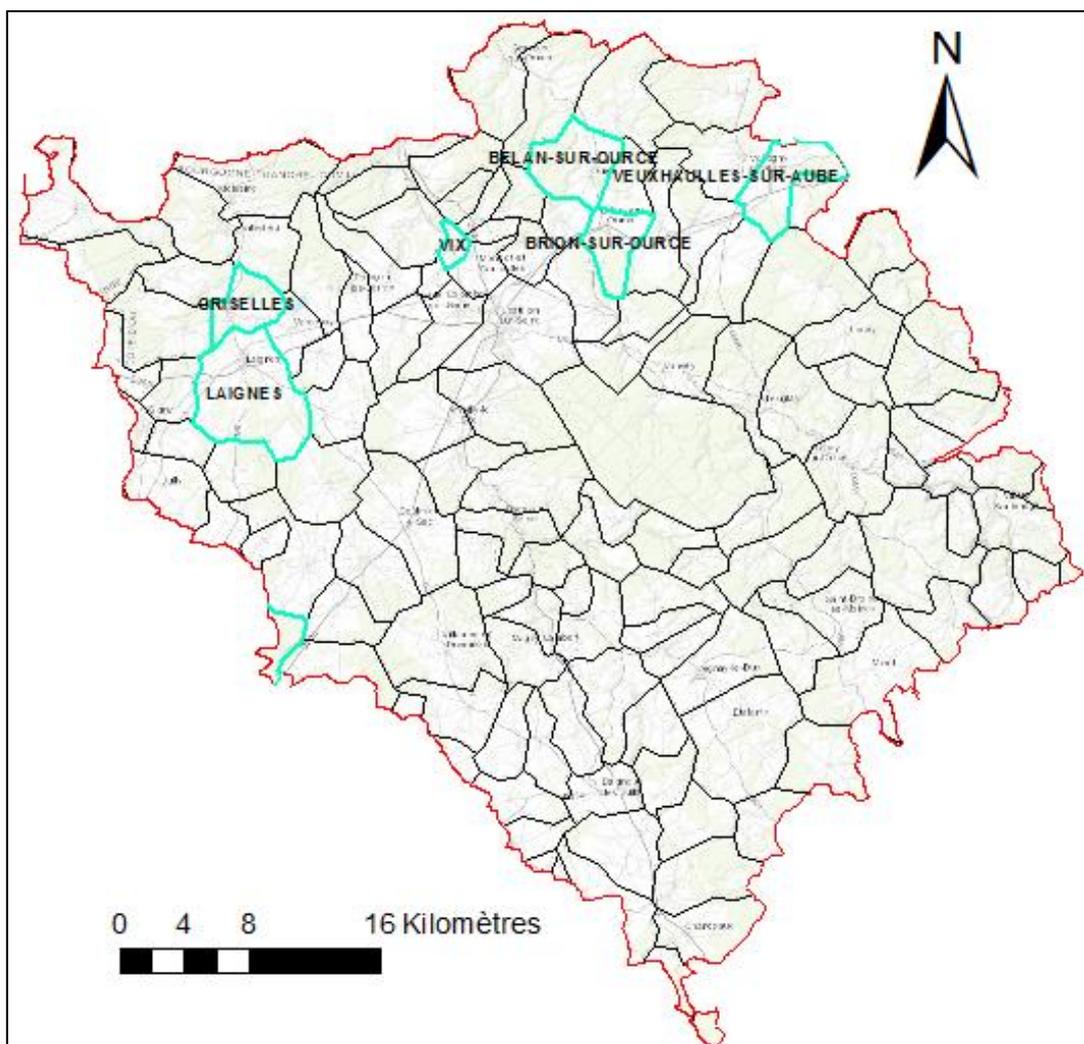


Figure 55 : Localisation des communes présentant des risques coulée de boue limités ou nuls malgré l'existence d'arrêtés CatNat inondation/coulée de boue.

Les communes de *Gigny*, *Recey-sur-Ource*, *Buncey*, *Bure-les-Templier* et *Aisey-sur-Seine*, dont l'évaluation des risques les classe comme communes à risque ne recensent pas ou peu d'arrêté CatNat inondation/coulée de boue. Toutefois, les arrêtés CatNat ne traduisent pas forcément la réalité du terrain car ils ne fournissent qu'une vision partielle des phénomènes de ruissellement sur le territoire, tous les épisodes ne générant pas forcément des dommages ou ne faisant pas l'objet d'un arrêté CatNat.

Dans ce cas, les infrastructures anthropiques peuvent également jouer un rôle dans la propagation de la coulée de boue mais cette fois ci en s'interposant à l'écoulement par le biais de digue, de canaux ou de routes surélevées.

3.5. PRIORISATION DES COMMUNES À RISQUE DE COULÉE DE BOUE

L'analyse des risques coulée de boue montre une certaine cohérence entre les communes potentiellement sujettes à ce risque et celles présentant au moins un arrêté CatNat inondation/coulée boue.

Cette analyse met en évidence plusieurs communes potentiellement impactées par un risque de coulée de boue :

- Quemigny-sur-Seine ;
- Grancey-Sur-Ource ;
- Châtillon-sur-Seine ;
- Buncey ;
- Bure-les-Templier ;
- Montigny-sur-Aube ;
- Arthonnay ;
- Gigny ;
- Gevrolles.

Un tableau récapitulatif des résultats est présenté en Annexe 4.

Ces observations sont toutefois à prendre avec précaution, cette analyse nécessite d'être validée sur le terrain. De nombreuses infrastructures anthropiques (routes, chemins, fossés) sont susceptibles de modifier la direction des écoulements des coulées de boue potentielles et peuvent ainsi modifier l'exposition des enjeux. Les infrastructures anthropiques peuvent :

- majorer les risques en favorisant une circulation des coulées de boue en direction d'enjeux plus en aval ;
- minorer les risques en déviant la circulation des coulées de boue et ainsi protégeant les enjeux plus en aval, *etc.*).

Ces infrastructures anthropiques ne peuvent pas être prises en compte dans les résultats MESALES, l'échelle de travail trop grande ne le permettant pas.

4. Conclusions

L'objectif de ce projet est d'établir une cartographie du risque ruissellement et coulée de boue en vue d'identifier les zones exposées. Pour y répondre deux phases d'études ont été nécessaires.

La **première phase** consistait à faire un état des lieux du territoire de l'EPAGE Sequana en appréhendant son paysage et son environnement de façon globale et en recensant et analysant les arrêtés CatNat par inondations et coulées de boue selon les contextes climatiques de l'époque. Cette phase a fait l'objet d'un rapport du BRGM en mars 2021 (RP-70686-FR).

La **deuxième phase**, dont ce rapport retranscrit les résultats, consiste en la modélisation de l'aléa érosion-ruissellement puis à l'identification des zones à risques à l'aide du modèle MESALES. L'analyse et l'interprétation des résultats du modèle MESALES a permis de mettre en évidence sur le territoire de l'EPAGE Sequana les points suivants :

- 1) Une **variabilité saisonnière de l'aléa érosion** dû à la variabilité au cours du temps :
 - du taux de couverture du sol par la végétation,
 - de l'érosivité des pluies.
- 2) Une **érosion des sols survenant principalement à l'automne et au printemps** lorsque l'érodibilité du sol (fonction du taux de couverture du sol, de la pente, de la battance et de l'érodibilité) et l'érosivité des pluies c'est-à-dire l'énergie érosive de la pluie sont les plus importantes.
- 3) Une **répartition très hétérogène de l'aléa érosion des sols annuel à l'échelle des masses d'eau** du territoire de l'EPAGE Sequana :
 - sur l'Ource, l'ensemble des masses d'eau présentent un aléa érosion des sols très faible,
 - sur la Seine, globalement seules les masses d'eau en amont présentent un aléa moyen à fort,
 - sur la Laigne, l'aléa érosion des sols est globalement faible à moyen sur la partie aval et moyen à fort sur la partie amont,
 - sur les sources de la Sarce, la commune d'Arthonnay (masse d'eau 1547) est la seule du périmètre d'étude à présenter un aléa très fort.
- 4) L'analyse de l'aléa et du risque coulée de boue font ressortir **plusieurs communes particulièrement exposées** :
 - Quemigny-sur-Seine,
 - Grancey-Sur-Ource,
 - Châtillon-sur-Seine,
 - Buncey,
 - Bure-les-Templiers,
 - Montigny-sur-Aube,
 - Arthonnay,
 - Gigny,
 - Gevrolles.

- 5) Dans le cas où l'aléa coulée de boue intrinsèque (scénario défavorable = taux de couverture minimum sur les terres labourables) est pris en compte, les résultats de l'aléa et des risques sur le territoire de l'EPAGE Sequana sont fortement majorés à l'échelle des masses d'eau et des communes. Cette analyse illustre l'exposition potentielle de certaines communes à l'aléa coulée de boue et **l'importance d'un suivi des cultures potentiellement sensibles à l'érosion, afin d'anticiper d'éventuels phénomènes d'érosion et de coulée de boue.**
- 6) Une **cohérence entre les communes potentiellement sujettes aux risques coulées de boue et les communes concernées par des arrêtés CatNat inondation/coulée de boue.** Des divergences sont toutefois relevées dont les explications possibles sont :
- les incertitudes du modèle MESALES,
 - la validité et la précision des données CatNat,
 - la modélisation à grande échelle entraînant des imprécisions et ne permettant pas de prendre en compte les spécificités locales qui ont des effets majorants ou minorants sur l'aléa coulée de boue (ex : infrastructure anthropiques).

L'amélioration de la précision des résultats de l'aléa érosion et coulée de boue est possible mais nécessite de travailler à une plus petite échelle, avec d'autres outils de modélisation (par exemple WaterSed), permettant de :

- simuler en tout point du paysage le ruissellement et l'érosion des sols engendrés par un évènement de pluie donné,
- évaluer l'impact de scénarios d'aménagements d'hydraulique douce, de pratiques culturelles, etc.

Toutefois, ce type de modèle ne peut être déployé sur un grand territoire comme celui de l'EPAGE Sequana. L'intérêt du modèle MESALES est de pouvoir cibler les secteurs à risque en vue d'une modélisation à plus petite échelle. Le choix de ses secteurs peut être réalisé suivant différents critères :

- niveau de risque,
- niveau d'aléa au droit du sous-bassin versant du cours d'eau,
- nombre de CatNat,
- intérêt des élus,
- coopération du monde agricole,
- ...

Sur la base des éléments produits dans le cadre de ce travail, l'EPAGE Sequana pourra solliciter par la suite le BRGM pour déployer le modèle WaterSed sur ces secteurs.

5. Bibliographie

- Ballabio, C., Borrelli, P., Spinoni, J., Meusburger, K., Michaelides, S., Beguería, S., Klik, A., Petan, S., Janeček, M., Olsen, P., Aalto, J., Lakatos, M., Rymaszewicz, A., Dumitrescu, A., Tadić, M.P., Diodato, N., Kostalova, J., Rousseva, S., Banasik, K., Alewell, C., Panagos, P., (2017).** Mapping monthly rainfall erosivity in Europe. *Sci. Total Environ.* 579, 1298–1315. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.123>.
- Cerdan, O., Le Bissonnais, Y., Souchère, V., King, C., Antoni, V., Surdyk, N., Dubus, I., Arrouays, D., Desprats, J.F., (2006).** Guide méthodologique pour un zonage départemental de l'érosion des sols. Rapport n°3 : Synthèse et recommandations générales, Inra, Brgm.
- Chabert, C., (2019).** Modélisation distribuée de l'aléa érosif dans le bassin versant de la Loire et nouvelles perspectives de validation.
- Colmar, A., Walter, C., le Bissonnais, Y., Daroussin, J., (2010).** Démarche de validation régionale par avis d'experts du modèle MESALES d'estimation de l'aléa érosif. *Etude Gest. des sols* 17, 19–34.
- Degan, F., Salvador-Blanes, S., Cerdan, O., (2015).** Cartographie de l'aléa érosif à l'échelle régionale : exemple sur le bassin de Loire-Bretagne. *Projet Verseau.* 102.
- Le Bissonnais, Y., Montier, C., Jamagne, M., Daroussin, J., King, D., (2002).** Mapping erosion risk for cultivated soil in France. *Catena* 46, 207–220. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(01\)00167-9](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(01)00167-9).
- Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P., Meusburger, K., Klik, A., Rousseva, S., Tadić, M.P., Michaelides, S., Hrabalíková, M., Olsen, P., Aalto, J., Lakatos, M., Rymaszewicz, A., Dumitrescu, A., Beguería, S., Alewell, C., (2015).** Rainfall erosivity in Europe. *Sci. Total Environ.* 511, 801–814. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.008>.

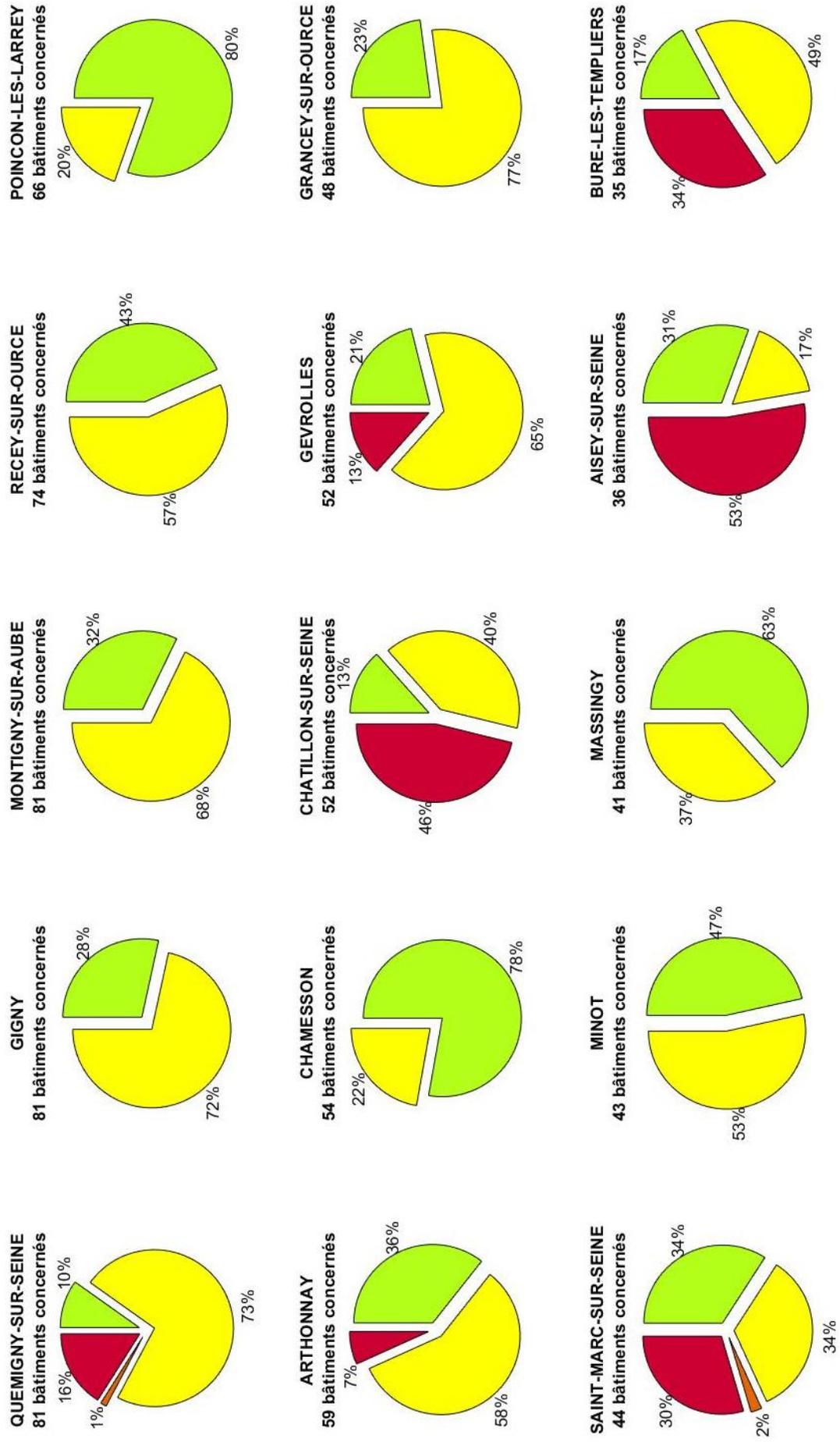
Annexe 1

Répartition graphique des niveaux de risque coulée de boue sur le bâti par commune

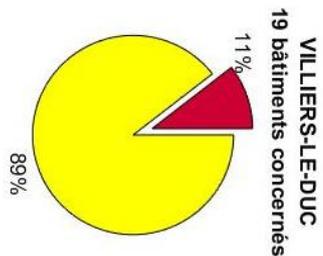
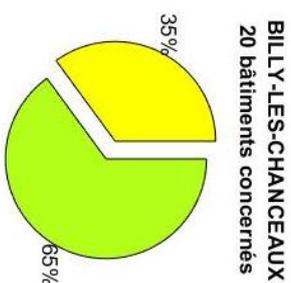
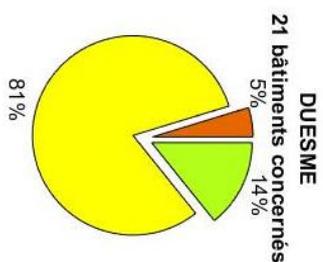
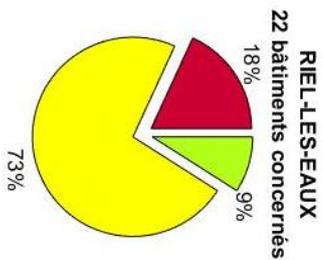
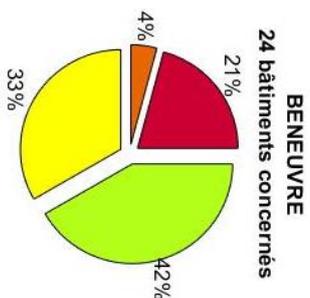
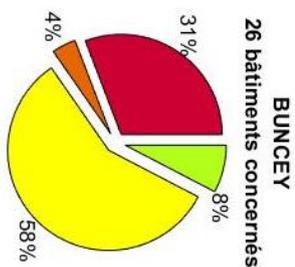
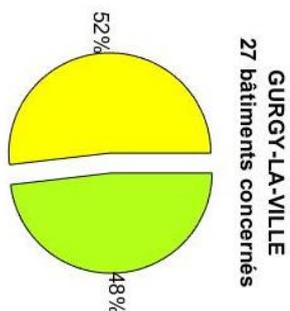
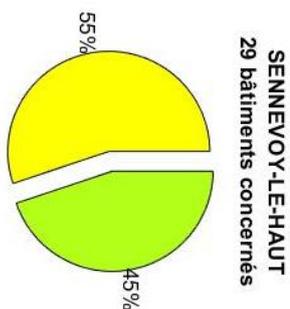
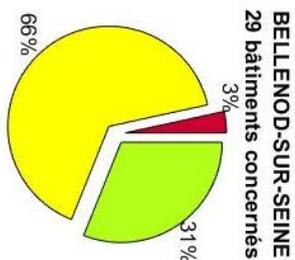
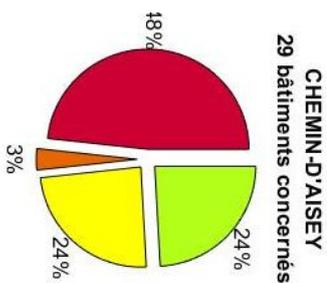
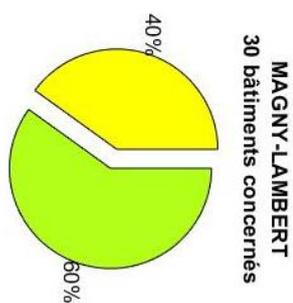
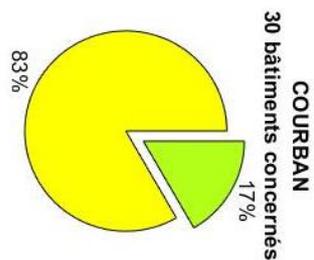
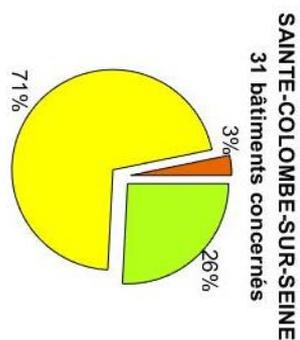
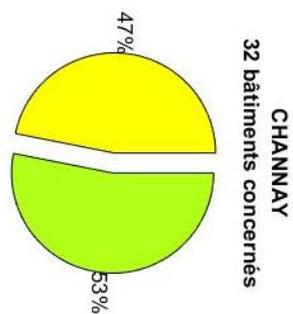
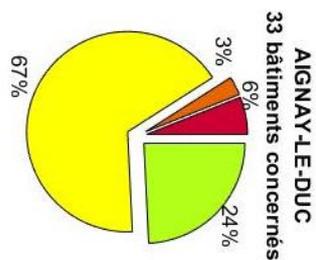
Annexe 1a

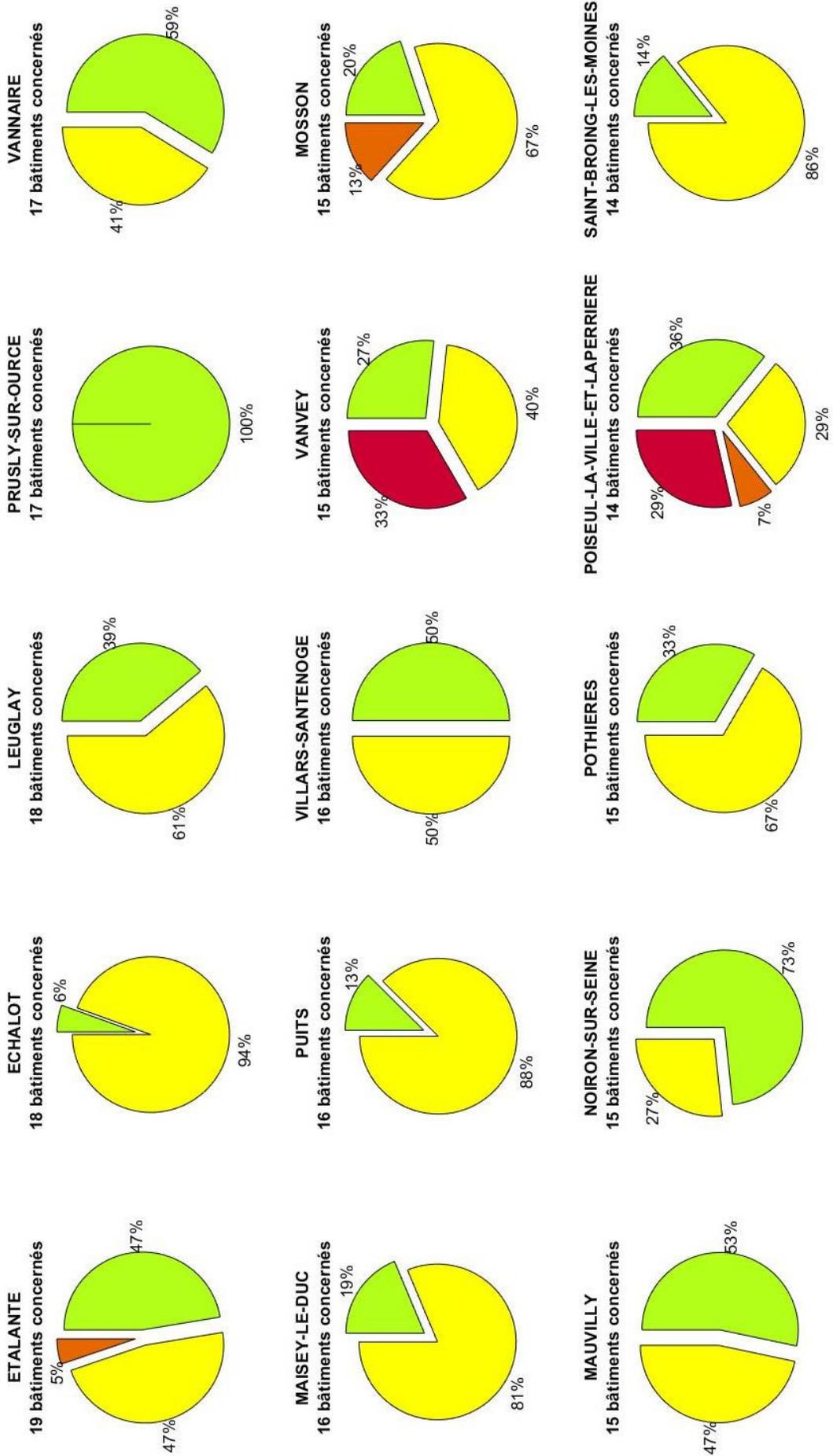
Répartition graphique des niveaux de risque coulée de boue intrinsèque sur le bâti par commune

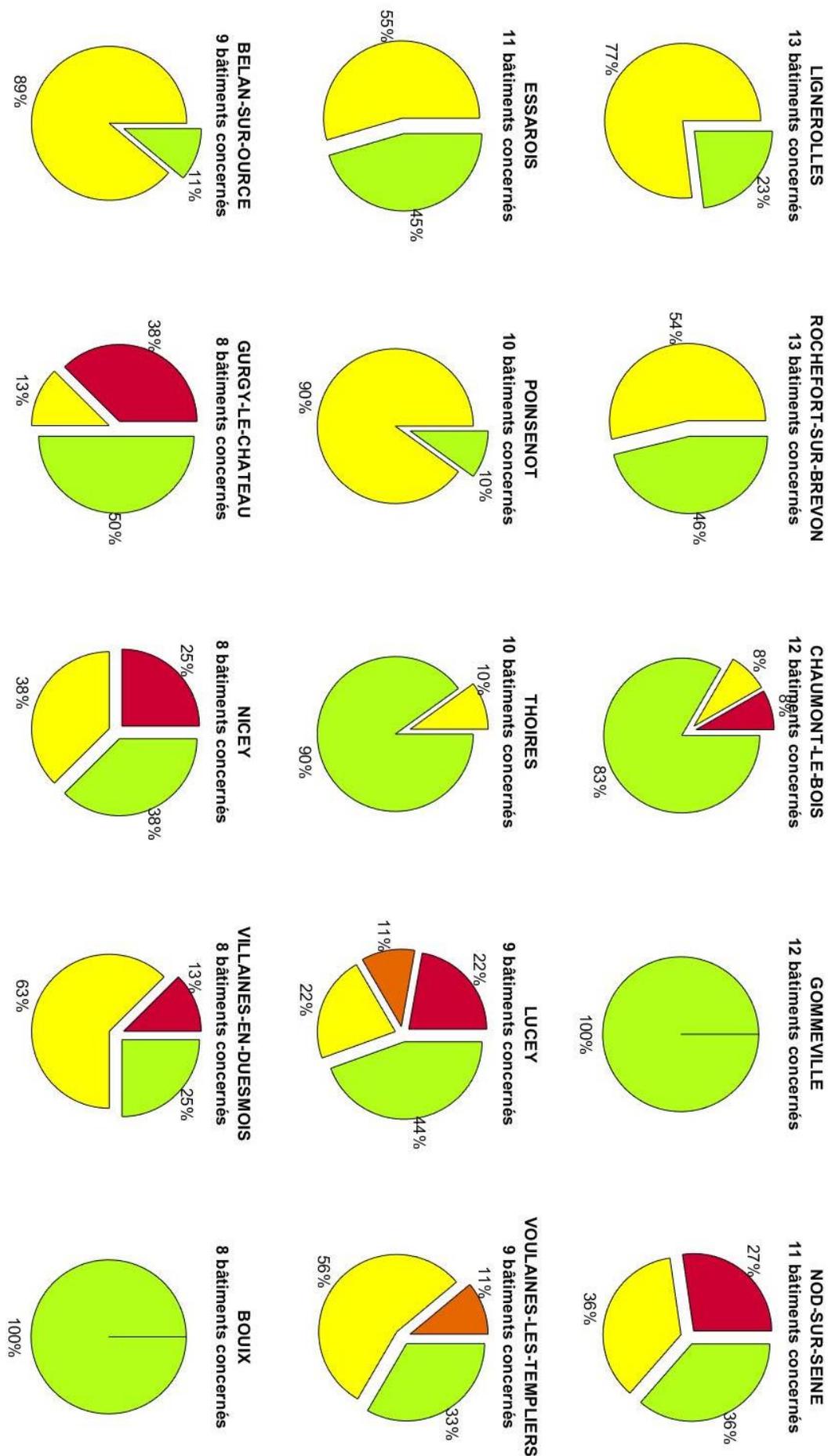
| LEGENDE | |
|---|------------------|
|  | Risque très fort |
|  | Risque fort |
|  | Risque moyen |
|  | Risque faible |

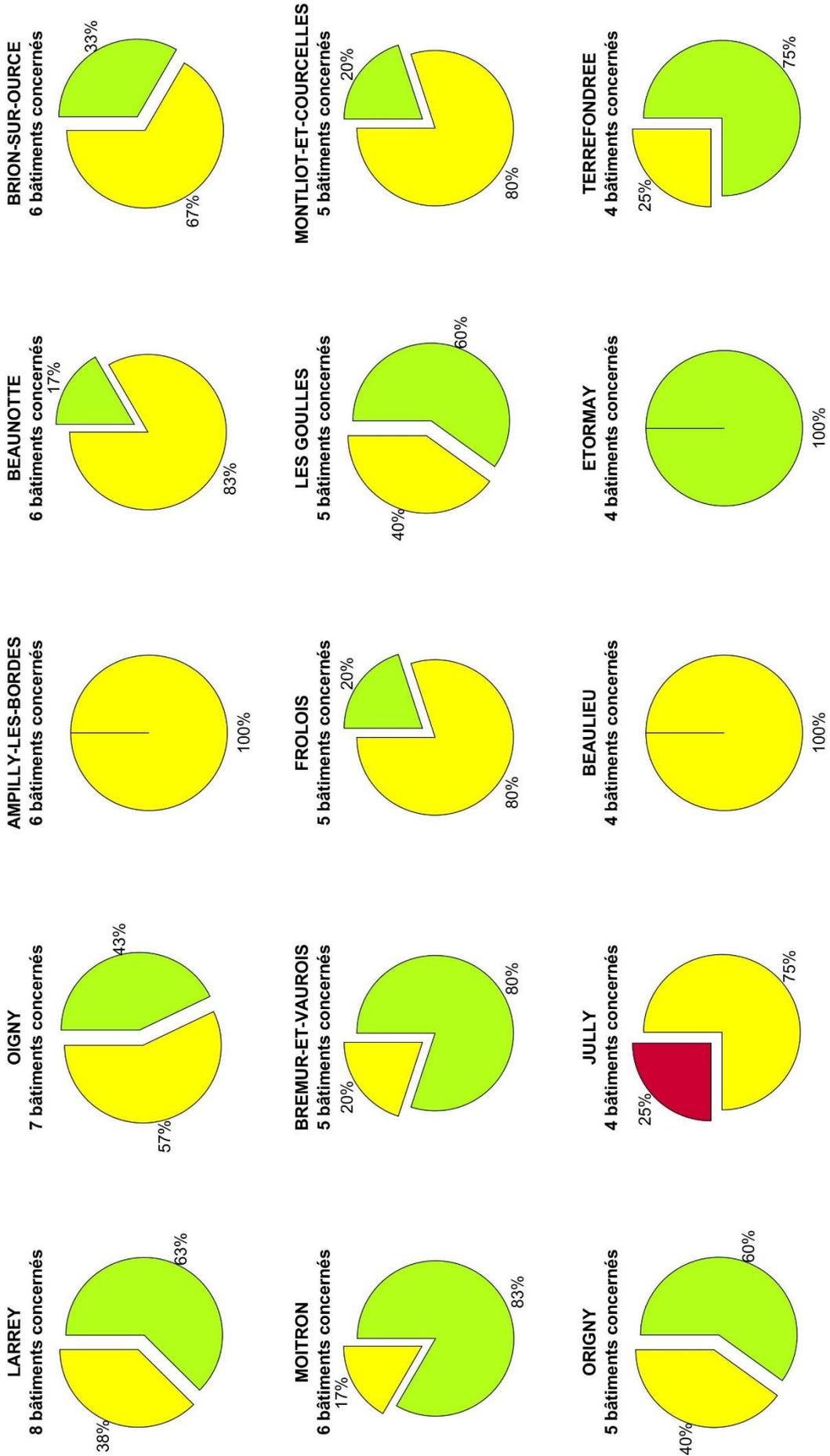


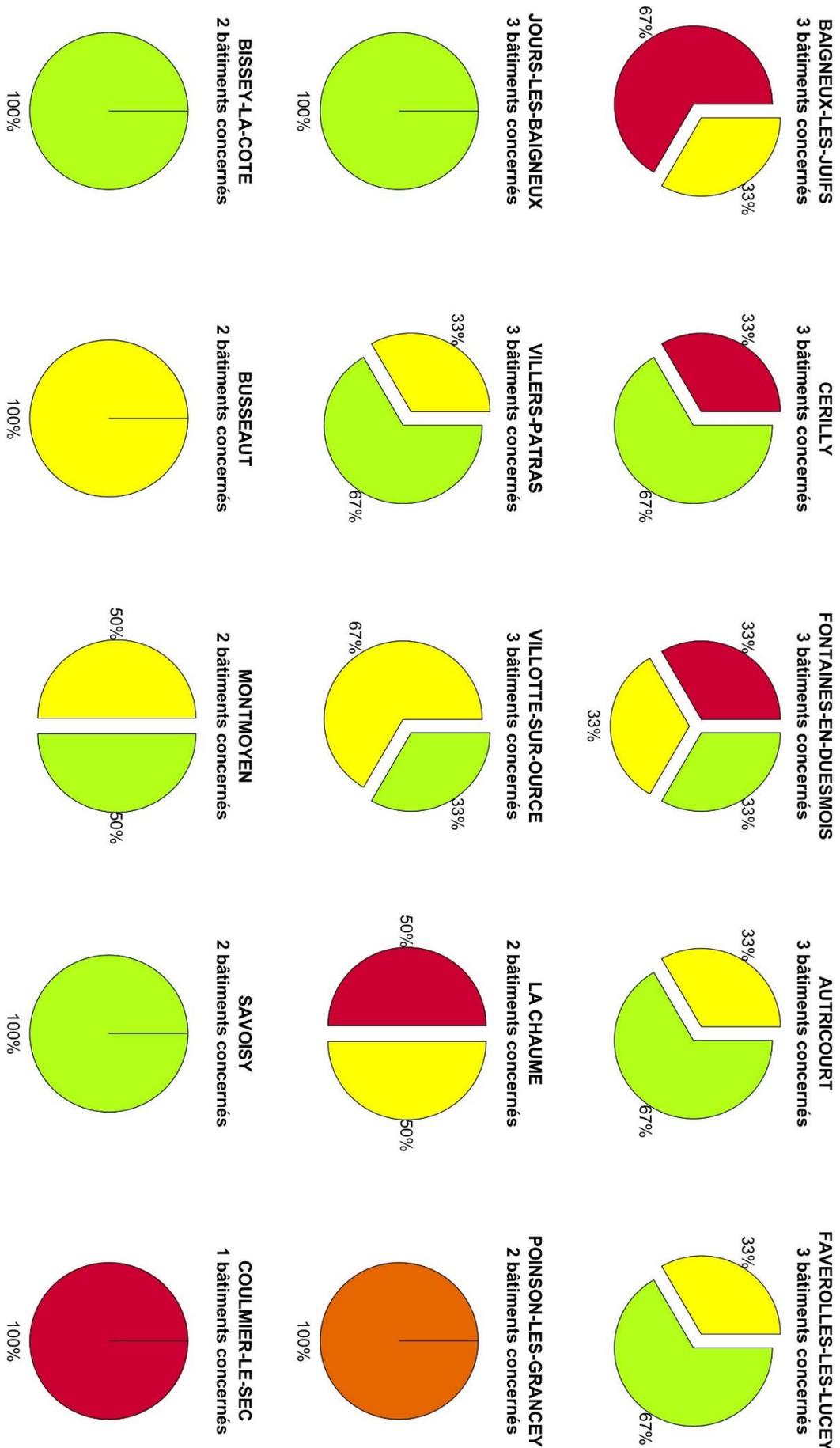
Évaluation du risque ruissellement et coulée de boue sur le territoire de l'EPAGE Sequana - Cartographie de l'aléa et du risque ruissellement et coulée de boue

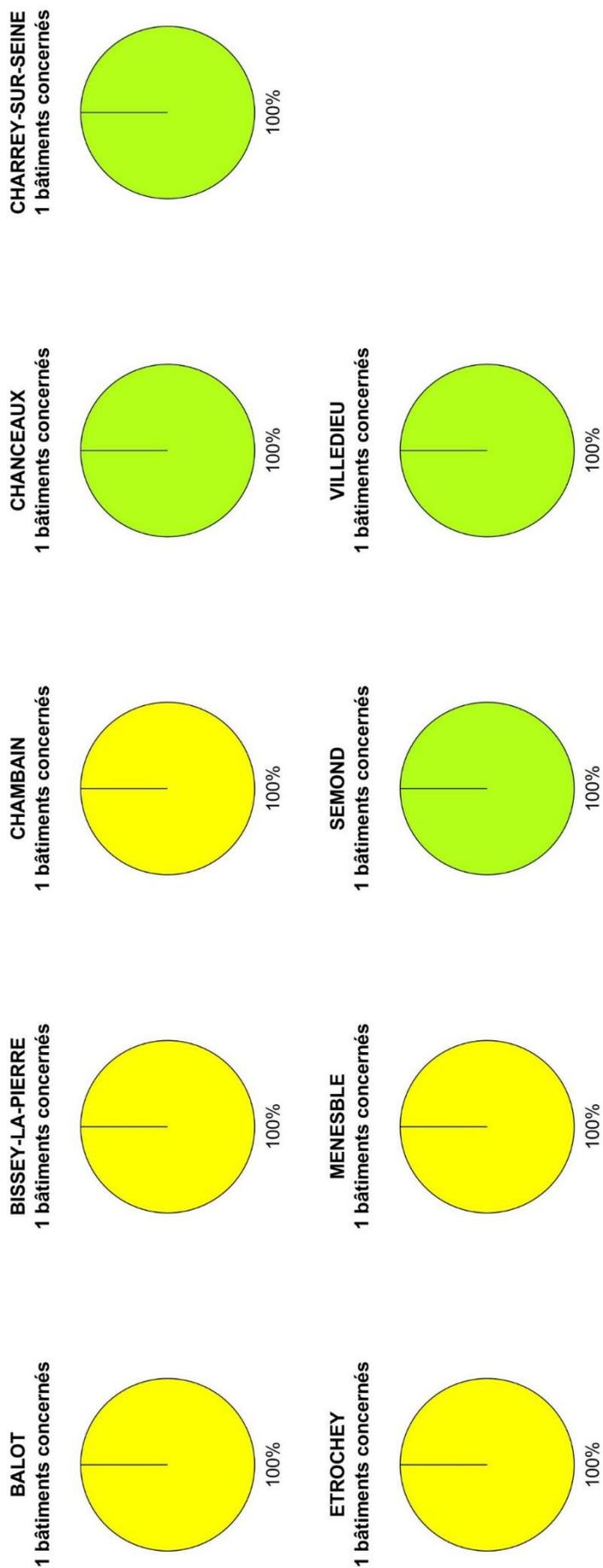








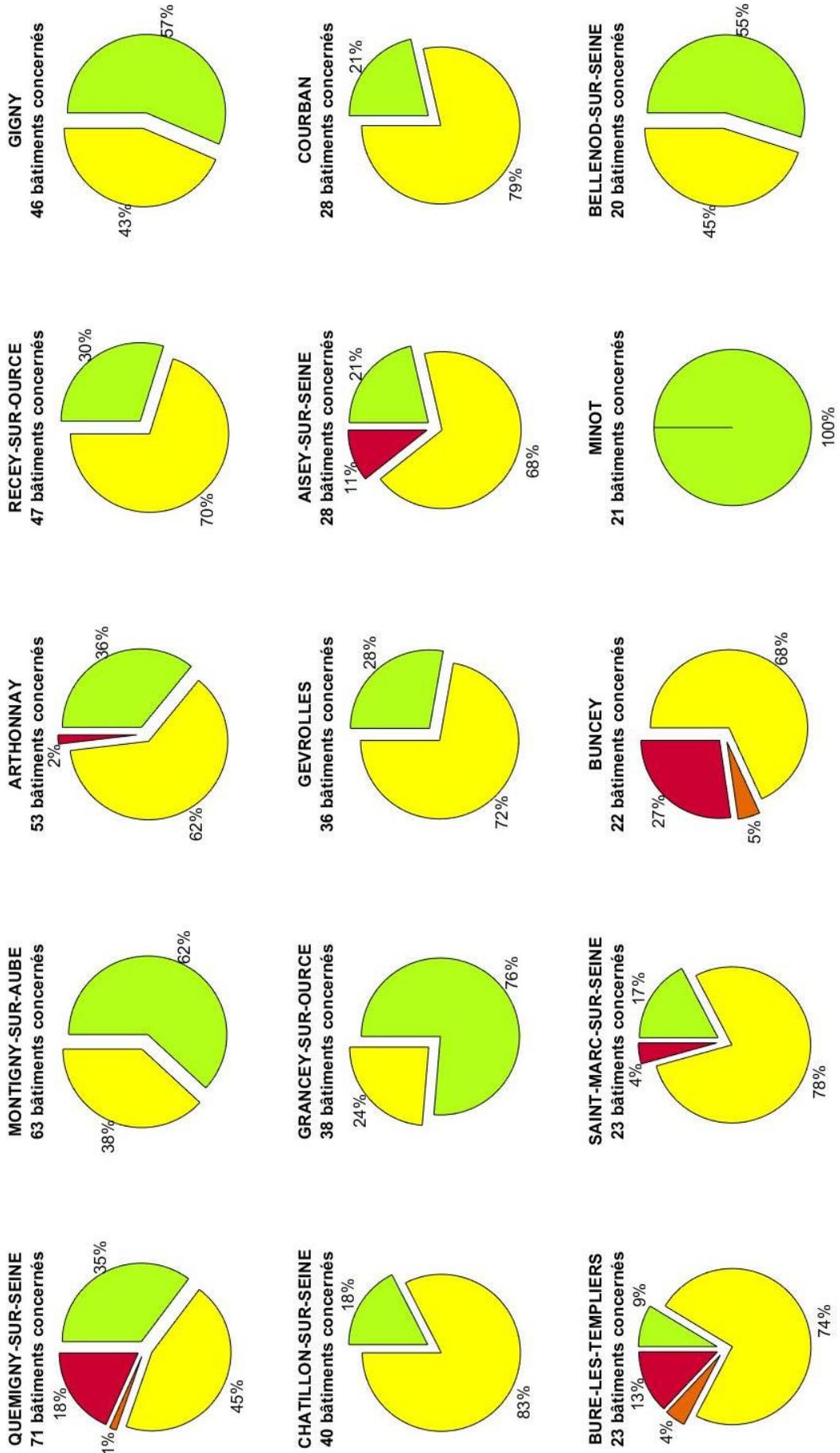


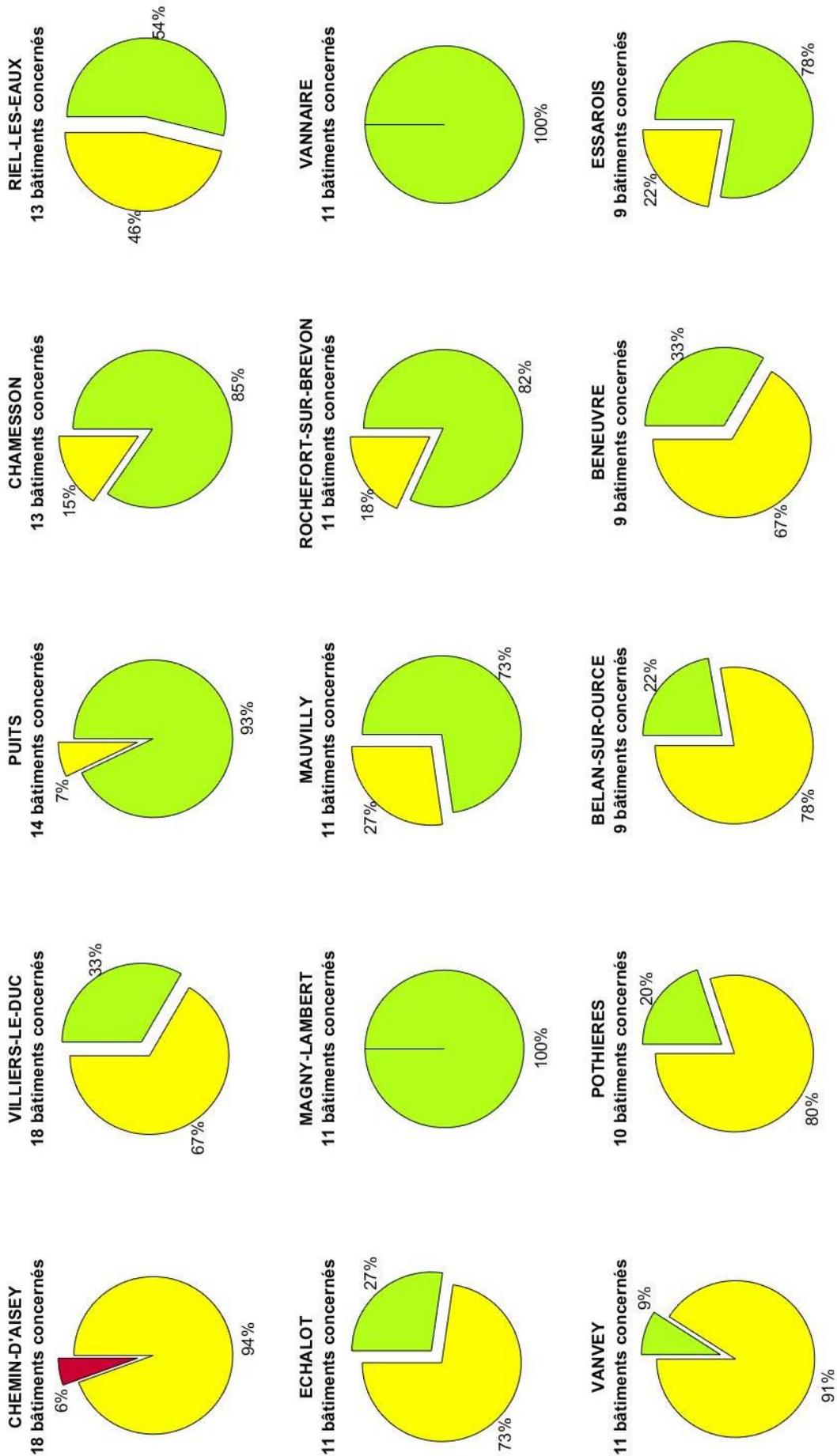


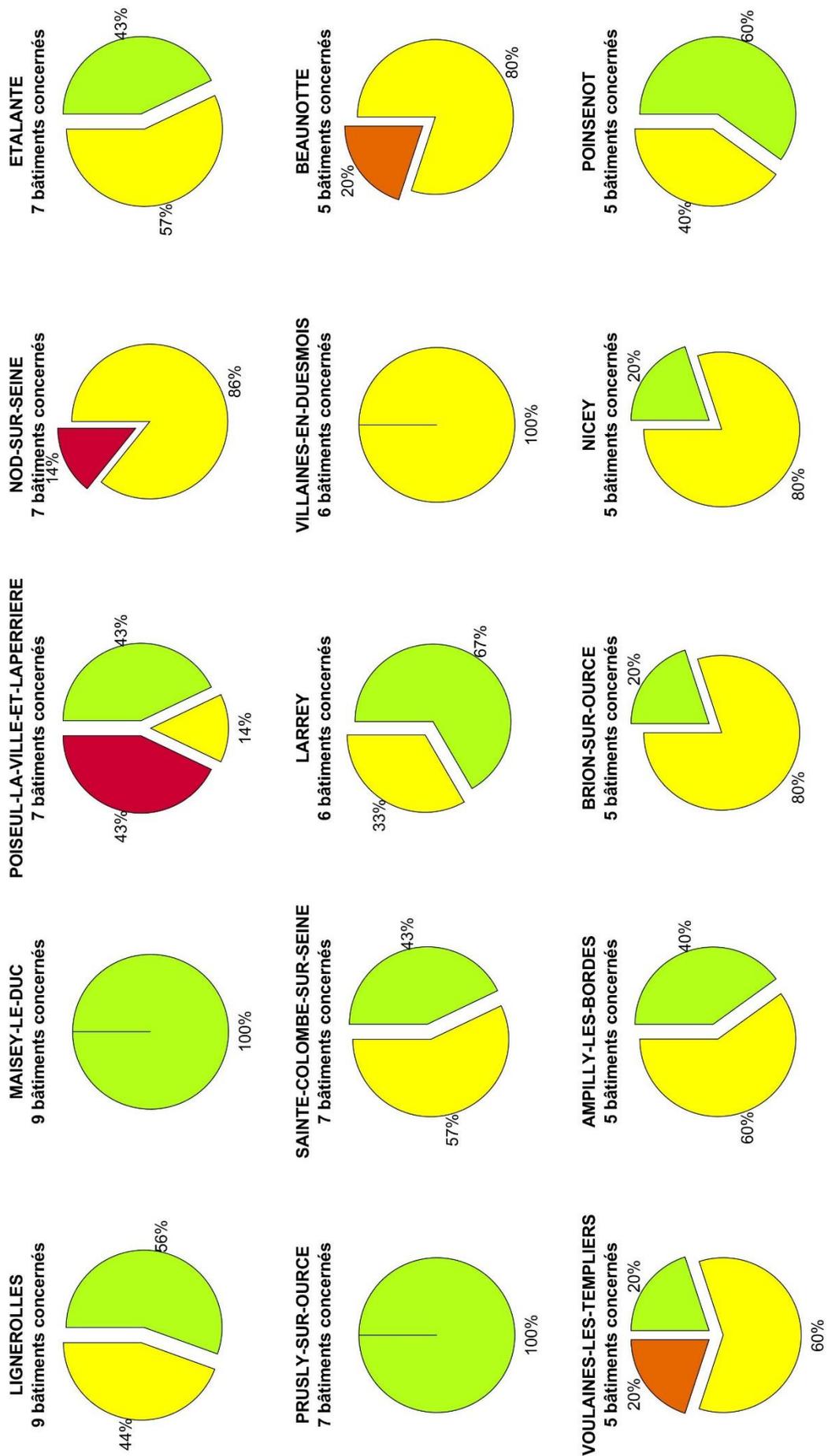
Annexe 1b

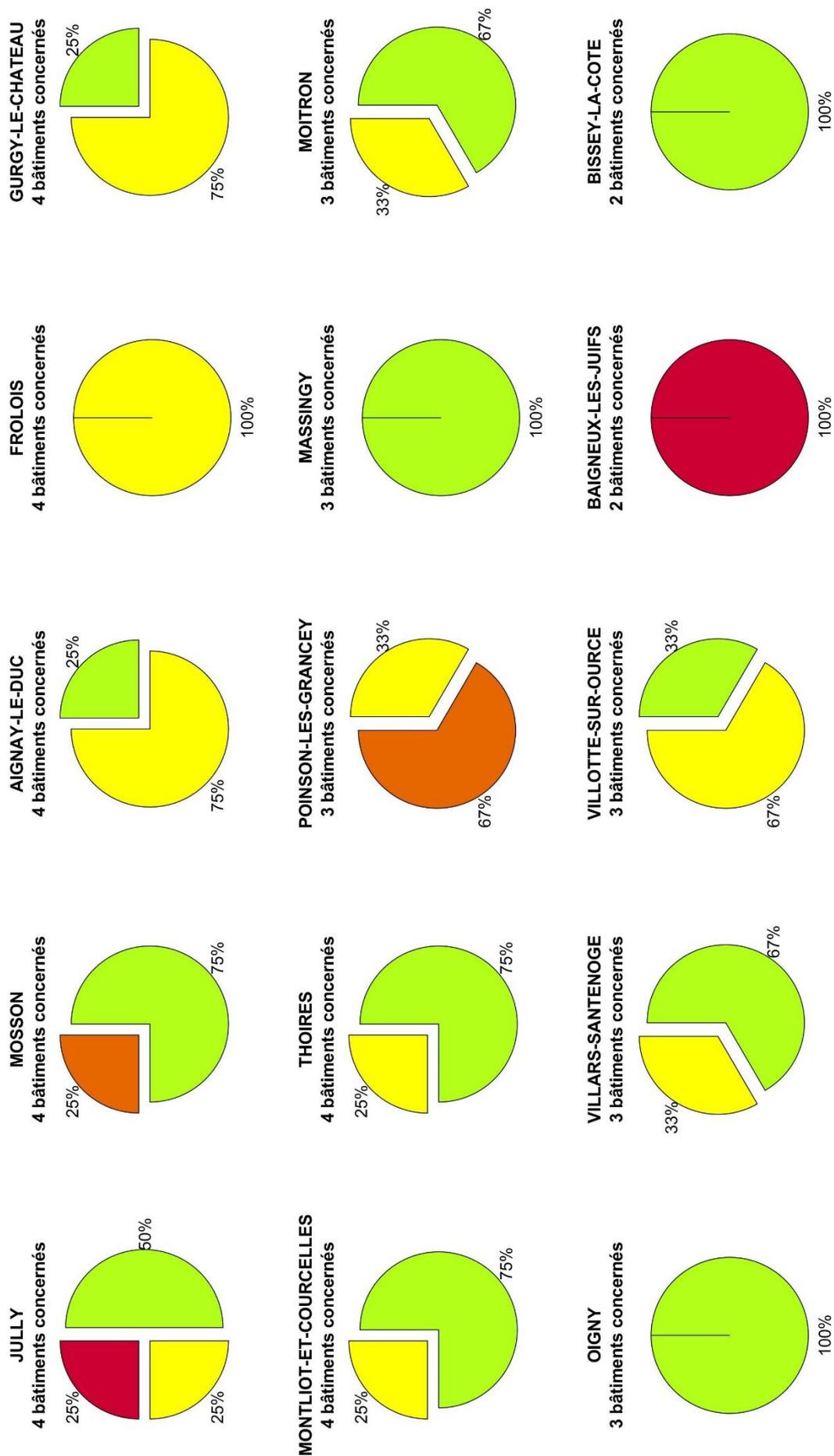
Répartition graphique des niveaux de risque coulée de boue annuel sur le bâti par commune

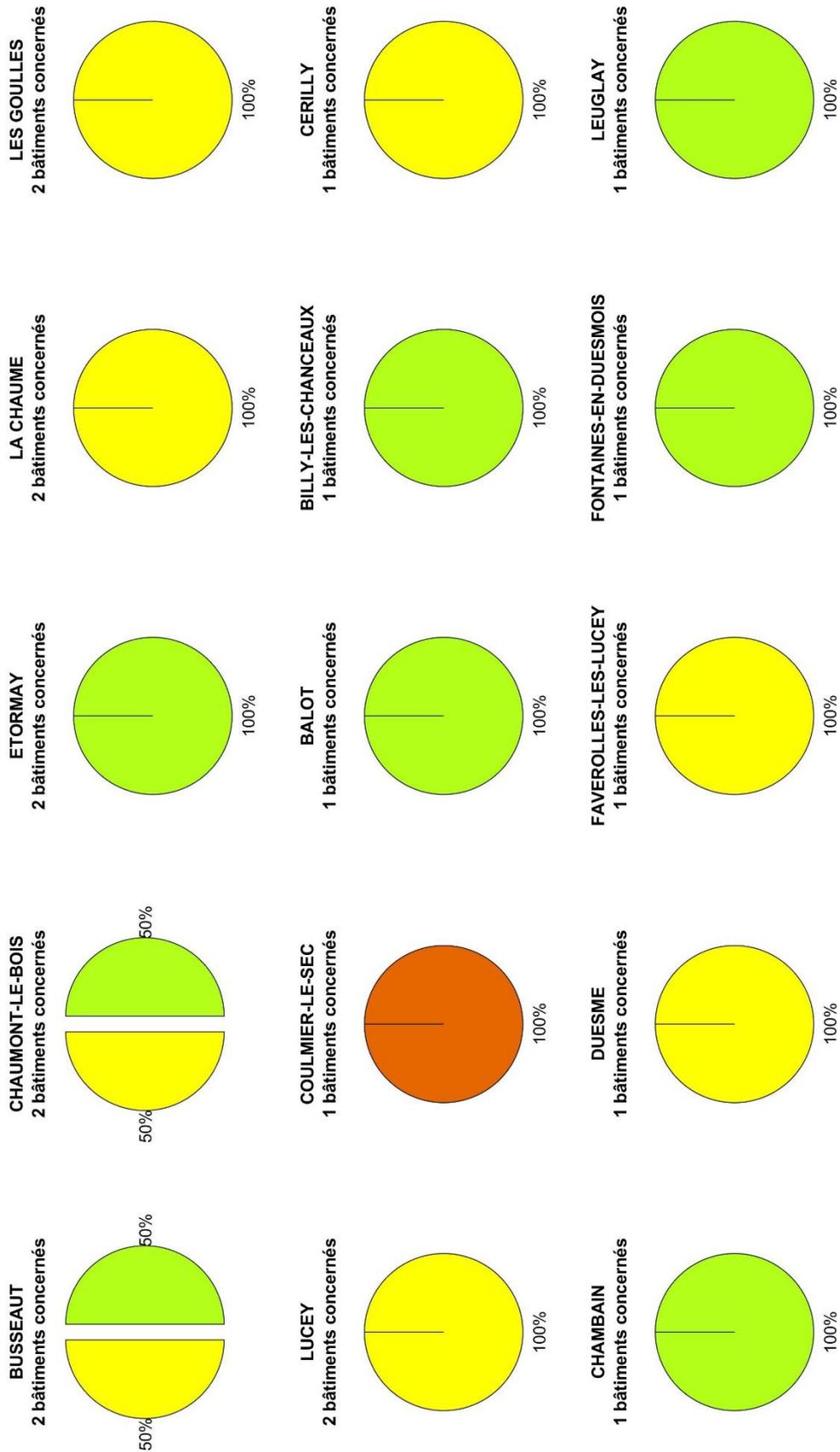
| LEGENDE | |
|---|------------------|
|  | Risque très fort |
|  | Risque fort |
|  | Risque moyen |
|  | Risque faible |











Annexe 2

Atlas cartographique de l'aléa érosion des sols annuel par commune

Planches Hors texte

Annexe 3

Atlas cartographique de l'aléa érosion des sols intrinsèque annuel par commune

Planches Hors texte

Annexe 4

Tableau récapitulatif des résultats de l'atlas et des risques érosions et coulée de boue par bassins versants hydrographiques et communaux

Évaluation du risque ruissellement et coulée de boue sur le territoire de l'EPAGE Sequana - Cartographie de l'aléa et du risque ruissellement et coulée de boue

Légende état

| | | | | |
|---------|----------|-------|-----|----------|
| mauvais | médiocre | moyen | bon | très bon |
|---------|----------|-------|-----|----------|

Légende aléa *

| | | | | |
|-------------|--------|-------|------|-----------|
| très faible | faible | moyen | fort | très fort |
|-------------|--------|-------|------|-----------|

* : l'aléa érosion des sols a 5 classes (de très faible à très fort) alors que l'aléa coulée de boue a 4 classes (de très faible à fort)

| Masse d'eau (ME) | | | | | | | | | | Commune (COM) | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------|---|--------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|------------------|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--|---|--|---|--|---|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------|------|
| Code Européen ME | Identifiant ME | Nom ME | Superficie ME (ha) | Etat écologique | Etat physico-chimique | Etat biologique | Etat hydromorpho | Aléa érosion des sols actuel | Aléa érosion des sols défavorable | Nom COM | CODE INSEE | Nombre total de CatNat 1984-2018 | Aléa coulée de boue actuel | Aléa coulée de boue défavorable | Risque coulée de boue | | | | | | Superficie COM (ha) | Superficie de la COM dans la ME (ha) | Superficie de la COM dans la ME (%) | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Nombre de batis concernés par un risque moyen actuel | Nombre de batis concernés par un risque fort actuel | Nombre de batis concernés par un risque très fort actuel | Nombre de batis concernés par un risque moyen défavorable | Nombre de batis concernés par un risque fort défavorable | Nombre de batis concernés par un risque très fort défavorable | | | | | |
| FRHR8-F0521000 | 1547 | ruisseau de channes | 3088 | moyen | moyen | Indéterminé | Indéterminé | 5 | 5 | VILLON | 89475 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 124 | 124 | 4,02 |
| FRHR8-F0521000 | 1547 | ruisseau de channes | 3088 | moyen | moyen | Indéterminé | Indéterminé | 5 | 5 | CRUZY-LE-CHATEL | 89131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2501 | 982 | 31,8 |
| FRHR1 | 59 | la Seine de sa source au confluent du Brévon (incl) | 8540 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 4 | 4 | BREMUR-ET-VAUROIS | 21104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 954 | 457 | 5,35 | |
| FRHR1 | 59 | la Seine de sa source au confluent du Brévon (incl) | 8540 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 4 | 4 | BUGNY-LE-SEC | 21085 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 313 | 312 | 3,65 | |
| FRHR1 | 59 | la Seine de sa source au confluent du Brévon (incl) | 8540 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 4 | 4 | SOURCE-SEINE | 21084 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 533 | 458 | 5,36 | |
| FRHR1-F0046000 | 64 | ru de Meursauge | 1116 | moyen | bon | moyen | Indéterminé | 4 | 4 | BELLENOD-SUR-SEINE | 21061 | 0 | 2 | 4 | 9 | 0 | 0 | 19 | 0 | 1 | 1454 | 185 | 16,58 | | |
| FRHR1-F0046000 | 64 | ru de Meursauge | 1116 | moyen | bon | moyen | Indéterminé | 4 | 4 | SAINT-MARC-SUR-SEINE | 21557 | 3 | 1 | 4 | 18 | 0 | 1 | 15 | 1 | 13 | 849 | 118 | 10,57 | | |
| FRHR1-F0046000 | 64 | ru de Meursauge | 1116 | moyen | bon | moyen | Indéterminé | 4 | 4 | MAGNY-LAMBERT | 21364 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 1294 | 162 | 14,52 | | |
| FRHR1-F0046000 | 64 | ru de Meursauge | 1116 | moyen | bon | moyen | Indéterminé | 4 | 4 | AMPILLY-LES-BORDES | 21011 | 1 | 4 | 4 | 3 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 1438 | 264 | 23,66 | | |
| FRHR1-F0046000 | 64 | ru de Meursauge | 1116 | moyen | bon | moyen | Indéterminé | 4 | 4 | QUEMIGNY-SUR-SEINE | 21514 | 4 | 4 | 4 | 32 | 1 | 13 | 59 | 1 | 13 | 2015 | 385 | 34,5 | | |
| FRHR2B-F0110600 | 1009 | ru de Massingy | 1989 | moyen | moyen | Indéterminé | Indéterminé | 4 | 5 | MASSINGY | 21393 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 943 | 827 | 41,58 | | |
| FRHR2B-F0110600 | 1009 | ru de Massingy | 1989 | moyen | moyen | Indéterminé | Indéterminé | 4 | 5 | MONTLIOT-ET-COURCELLES | 21435 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 851 | 438 | 22,02 | | |
| FRHR2B-F0110600 | 1009 | ru de Massingy | 1989 | moyen | moyen | Indéterminé | Indéterminé | 4 | 5 | CHATILLON-SUR-SEINE | 21154 | 7 | 3 | 3 | 33 | 0 | 0 | 21 | 0 | 24 | 3329 | 532 | 26,75 | | |
| FRHR3A-F0211000 | 1289 | ruisseau de l'etang neuf | 4766 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 4 | 4 | FROLOIS | 21288 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1454 | 1336 | 28,03 | | |
| FRHR3A-F0211000 | 1289 | ruisseau de l'etang neuf | 4766 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 4 | 4 | DARCEY | 21226 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 140 | 140 | 2,94 | | |
| FRHR3A-F0211000 | 1289 | ruisseau de l'etang neuf | 4766 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 4 | 4 | CORPOYER-LA-CHAPELLE | 21197 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 126 | 126 | 2,64 | | |
| FRHR3A-F0211000 | 1289 | ruisseau de l'etang neuf | 4766 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 4 | 4 | LA VILLENEUVE-LES-CONVERS | 21695 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 731 | 724 | 15,19 | | |
| FRHR3A-F0211000 | 1289 | ruisseau de l'etang neuf | 4766 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 4 | 4 | ETORMAY | 21257 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1186 | 891 | 18,69 | | |
| FRHR3B-F0201000 | 1293 | ruisseau de martilly | 2240 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 4 | 5 | JULLY | 89210 | 1 | 4 | 5 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 | 1 | 1818 | 938 | 41,88 | | |
| FRHR3B-F0201000 | 1293 | ruisseau de martilly | 2240 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 4 | 5 | SENNEVOY-LE-BAS | 89385 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 870 | 509 | 22,72 | | |
| FRHL06 | 1291 | Etang de Marcenay | 2495 | Bon | Bon | Bon | Indéterminé | 3 | 3 | LARREY | 21343 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1835 | 1122 | 44,97 | | |
| FRHL06 | 1291 | Etang de Marcenay | 2495 | Bon | Bon | Bon | Indéterminé | 3 | 3 | POINCON-LES-LARREY | 21488 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 1059 | 765 | 30,66 | | |
| FRHR1-F000400 | 60 | le Revinson | 4841 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 3 | 4 | ORRET | 21471 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1121 | 474 | 9,79 | | |
| FRHR1-F000400 | 60 | le Revinson | 4841 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 3 | 4 | POISEUL-LA-GRANGE | 21489 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1224 | 829 | 17,12 | | |
| FRHR1-F000400 | 60 | le Revinson | 4841 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 3 | 4 | OIGNY | 21466 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1510 | 857 | 17,7 | | |
| FRHR1-F000400 | 60 | le Revinson | 4841 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 3 | 4 | DUESME | 21235 | 0 | 4 | 4 | 1 | 0 | 0 | 17 | 1 | 0 | 1353 | 511 | 10,56 | | |
| FRHR1-F0002000 | 61 | ruisseau de Feu | 1016 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 3 | 4 | CHANCEAUX | 21142 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1924 | 887 | 87,3 | | |
| FRHR1-F0020600 | 63 | la Coquille | 4631 | moyen | bon | très bon | Indéterminé | 3 | 4 | AIGNAY-LE-DUC | 21004 | 0 | 3 | 4 | 3 | 0 | 0 | 22 | 1 | 2 | 2502 | 826 | 17,84 | | |
| FRHR1-F0020600 | 63 | la Coquille | 4631 | moyen | bon | très bon | Indéterminé | 3 | 4 | MEULSON | 21410 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 749 | 290 | 6,26 | | |
| FRHR1-F0020600 | 63 | la Coquille | 4631 | moyen | bon | très bon | Indéterminé | 3 | 4 | ETALANTE | 21253 | 0 | 1 | 1 | 4 | 0 | 0 | 9 | 1 | 0 | 3911 | 1946 | 42,02 | | |
| FRHR1-F0020600 | 63 | la Coquille | 4631 | moyen | bon | très bon | Indéterminé | 3 | 4 | BEAUNOTTE | 21055 | 1 | 3 | 3 | 4 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 868 | 678 | 14,64 | | |
| FRHR3A | 1288 | La petite laignes | 21832 | médiocre | bon | médiocre | Indéterminé | 3 | 3 | PUITS | 21511 | 0 | 3 | 3 | 1 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 2049 | 2046 | 9,37 | | |

Évaluation de l'aléa et du risque ruissellement et coulée de boue sur le territoire de l'EPAGE Sequana - Cartographie

| Masse d'eau (ME) | | | | | | | | | | Commune (COM) | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------|--|--------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--|---|--|---|--|---|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Code Européen ME | Identifiant ME | Nom ME | Superficie ME (ha) | Etat écologique | Etat physico-chimique | Etat biologique | Etat hydromorpho | Aléa érosion des sols actuel | Aléa érosion des sols défavorable | Nom COM | CODE INSEE | Nombre total de CatNat 1984-2018 | Aléa coulée de boue actuel | Aléa coulée de boue défavorable | Risque coulée de boue | | | | | | Superficie COM (ha) | Superficie de la COM dans la ME (ha) | Superficie de la COM dans la ME (%) |
| | | | | | | | | | | | | | | | Nombre de batis concernés par un risque moyen actuel | Nombre de batis concernés par un risque fort actuel | Nombre de batis concernés par un risque très fort actuel | Nombre de batis concernés par un risque moyen défavorable | Nombre de batis concernés par un risque fort défavorable | Nombre de batis concernés par un risque très fort défavorable | | | |
| FRHR3A | 1288 | La petite laignes | 21832 | médiocre | bon | médiocre | Indéterminé | 3 | 3 | LUCENAY-LE-DUC | 21358 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 681 | 680 | 3,11 |
| FRHR3A | 1288 | La petite laignes | 21832 | médiocre | bon | médiocre | Indéterminé | 3 | 3 | COULMIER-LE-SEC | 21201 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3228 | 1814 | 8,31 |
| FRHR3A | 1288 | La petite laignes | 21832 | médiocre | bon | médiocre | Indéterminé | 3 | 3 | NESLE-ET-MASSOULT | 21451 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2344 | 1764 | 8,08 |
| FRHR3A | 1288 | La petite laignes | 21832 | médiocre | bon | médiocre | Indéterminé | 3 | 3 | BISSEY-LA-PIERRE | 21078 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 845 | 844 | 3,87 |
| FRHR3A | 1288 | La petite laignes | 21832 | médiocre | bon | médiocre | Indéterminé | 3 | 3 | VILLAINES-EN-DUESMOIS | 21685 | 1 | 1 | 1 | 6 | 0 | 0 | 5 | 0 | 1 | 3437 | 3432 | 15,72 |
| FRHR3A | 1288 | La petite laignes | 21832 | médiocre | bon | médiocre | Indéterminé | 3 | 3 | FONTAINES-EN-DUESMOIS | 21276 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1839 | 1836 | 8,41 |
| FRHR3A | 1288 | La petite laignes | 21832 | médiocre | bon | médiocre | Indéterminé | 3 | 3 | CHAUME-LES-BAIGNEUX | 21160 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1281 | 1269 | 5,81 |
| FRHR3A | 1288 | La petite laignes | 21832 | médiocre | bon | médiocre | Indéterminé | 3 | 3 | JOURS-LES-BAIGNEUX | 21326 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1178 | 1125 | 5,15 |
| FRHR3A | 1288 | La petite laignes | 21832 | médiocre | bon | médiocre | Indéterminé | 3 | 3 | ETAIS | 21252 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1456 | 872 | 3,99 |
| FRHR3A-F0212200 | 1290 | cours d'eau du pre cotoillot | 1269 | mauvais | mauvais | Indéterminé | Indéterminé | 3 | 4 | POISEUL-LA-VILLE-ET-LAPERRIERE | 21490 | 0 | 3 | 4 | 1 | 0 | 3 | 4 | 1 | 4 | 2136 | 385 | 30,34 |
| FRHR3A-F0212200 | 1290 | cours d'eau du pre cotoillot | 1269 | mauvais | mauvais | Indéterminé | Indéterminé | 3 | 4 | BAIGNEUX-LES-JUIFS | 21043 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 1266 | 543 | 42,79 |
| FRHR3A-F0224500 | 1675 | ru de marcenay | 1074 | moyen | moyen | moyen | Indéterminé | 3 | 3 | MARCENAY | 21378 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 988 | 447 | 41,62 |
| FRHR3A-F0224500 | 1675 | ru de marcenay | 1074 | moyen | moyen | moyen | Indéterminé | 3 | 3 | GRISSELLES | 21309 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1258 | 292 | 27,19 |
| FRHR3A-F0224500 | 1675 | ru de marcenay | 1074 | moyen | moyen | moyen | Indéterminé | 3 | 3 | LAIGNES | 21336 | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4014 | 334 | 31,1 |
| FRHR3B-F0231000 | 1294 | ru de pouillien | 4407 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 3 | 3 | GIGNY | 89187 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 58 | 0 | 0 | 1086 | 961 | 21,81 |
| FRHR3B-F0231000 | 1294 | ru de pouillien | 4407 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 3 | 3 | NICEY | 21454 | 0 | 1 | 3 | 4 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 2405 | 1761 | 39,96 |
| FRHR3B-F0231000 | 1294 | ru de pouillien | 4407 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 3 | 3 | SENNEVOY-LE-HAUT | 89386 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 344 | 344 | 7,81 |
| FRHR8 | 1546 | la Sarce de sa source au confluent de la Seine (ex | 68 | moyen | bon | bon | Indéterminé | 3 | 4 | ARTHONNAY | 89019 | 1 | 5 | 5 | 33 | 0 | 1 | 34 | 0 | 4 | 2500 | 66 | 97,06 |
| FRHR14 | 246 | L'Aube de sa source au confluent de l'Aujon (exclu | 4383 | bon | bon | bon | Indéterminé | 2 | 3 | BOUDREVILLE | 21090 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 789 | 721 | 16,45 |
| FRHR14 | 246 | L'Aube de sa source au confluent de l'Aujon (exclu | 4383 | bon | bon | bon | Indéterminé | 2 | 3 | MONTIGNY-SUR-AUBE | 21432 | 2 | 4 | 5 | 24 | 0 | 0 | 55 | 0 | 0 | 2054 | 1204 | 27,47 |
| FRHR14 | 246 | L'Aube de sa source au confluent de l'Aujon (exclu | 4383 | bon | bon | bon | Indéterminé | 2 | 3 | VEUXHAULLES-SUR-AUBE | 21674 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1893 | 1198 | 27,33 |
| FRHR3B | 1292 | La Laignes de sa source à la confluence avec la Se | 18027 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 2 | 3 | PLANAY | 21484 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 636 | 635 | 3,52 |
| FRHR3B | 1292 | La Laignes de sa source à la confluence avec la Se | 18027 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 2 | 3 | VERDONNET | 21664 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 797 | 796 | 4,42 |
| FRHR3B | 1292 | La Laignes de sa source à la confluence avec la Se | 18027 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 2 | 3 | TOUILLON | 21641 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1628 | 983 | 5,45 |
| FRHR3B | 1292 | La Laignes de sa source à la confluence avec la Se | 18027 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 2 | 3 | FONTAINES-LES-SECHES | 21279 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1331 | 1329 | 7,37 |
| FRHR3B | 1292 | La Laignes de sa source à la confluence avec la Se | 18027 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 2 | 3 | VERTAULT | 21671 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1944 | 1734 | 9,62 |
| FRHR3B | 1292 | La Laignes de sa source à la confluence avec la Se | 18027 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 2 | 3 | SAVOISY | 21594 | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2466 | 2133 | 11,83 |
| FRHR3B | 1292 | La Laignes de sa source à la confluence avec la Se | 18027 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 2 | 3 | CHANNAY | 21143 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 1310 | 1308 | 7,26 |
| FRHR3B | 1292 | La Laignes de sa source à la confluence avec la Se | 18027 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 2 | 3 | MONTBARD | 21425 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 606 | 606 | 3,36 |

Évaluation du risque ruissellement et coulée de boue sur le territoire de l'EPAGE Sequana - Cartographie de l'aléa et du risque ruissellement et coulée de boue

mauvais médiocre moyen bon très bon très faible faible moyen fort très fort

Évaluation du risque ruissellement et coulée de boue sur le territoire de l'EPAGE Sequana - Cartographie de l'aléa et du risque ruissellement et coulée de boue

| Masse d'eau (ME) | | | | | | | | | | Commune (COM) | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------|--|--------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--|---|--|---|--|---|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Code Européen ME | Identifiant ME | Nom ME | Superficie ME (ha) | Etat écologique | Etat physico-chimique | Etat biologique | Etat hydromorpho | Aléa érosion des sols actuel | Aléa érosion des sols défavorable | Nom COM | CODE INSEE | Nombre total de CatNat 1984-2018 | Aléa coulée de boue actuel | Aléa coulée de boue défavorable | Risque coulée de boue | | | | | | Superficie COM (ha) | Superficie de la COM dans la ME (ha) | Superficie de la COM dans la ME (%) |
| | | | | | | | | | | | | | | | Nombre de batis concernés par un risque moyen actuel | Nombre de batis concernés par un risque fort actuel | Nombre de batis concernés par un risque très fort actuel | Nombre de batis concernés par un risque moyen défavorable | Nombre de batis concernés par un risque fort défavorable | Nombre de batis concernés par un risque très fort défavorable | | | |
| FRHR1-F003000 | 62 | ruisseau de la Verrerie | 1697 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 1 | BILLY-LES-CHANCEAUX | 21075 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 2103 | 1140 | 67,18 |
| FRHR1-F0050600 | 65 | ruisseau le brevon | 12397 | moyen | bon | moyen | Indéterminé | 1 | 1 | ECHALOT | 21237 | 0 | 3 | 4 | 8 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 1986 | 1351 | 10,9 |
| FRHR1-F0050600 | 65 | ruisseau le brevon | 12397 | moyen | bon | moyen | Indéterminé | 1 | 1 | BEAULIEU | 21052 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 656 | 638 | 5,15 |
| FRHR1-F0050600 | 65 | ruisseau le brevon | 12397 | moyen | bon | moyen | Indéterminé | 1 | 1 | ROCHFORT-SUR-BRENON | 21526 | 0 | 1 | 3 | 2 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 1212 | 1210 | 9,76 |
| FRHR1-F0050600 | 65 | ruisseau le brevon | 12397 | moyen | bon | moyen | Indéterminé | 1 | 1 | MAUVILLY | 21396 | 0 | 3 | 4 | 3 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 1443 | 1441 | 11,62 |
| FRHR1-F0050600 | 65 | ruisseau le brevon | 12397 | moyen | bon | moyen | Indéterminé | 1 | 1 | BUSSEAUT | 21117 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1061 | 880 | 7,1 |
| FRHR1-F0050600 | 65 | ruisseau le brevon | 12397 | moyen | bon | moyen | Indéterminé | 1 | 1 | ORIGNY | 21470 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 523 | 345 | 2,78 |
| FRHR1-F0050600 | 65 | ruisseau le brevon | 12397 | moyen | bon | moyen | Indéterminé | 1 | 1 | SAINT-GERMAIN-LE-ROCHEUX | 21549 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 770 | 547 | 4,41 |
| FRHR14-F1009000 | 253 | ruisseau longereau | 549 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 1 | 1 | BUXEROLLES | 21123 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1180 | 405 | 73,77 |
| FRHR14-F1009000 | 253 | ruisseau longereau | 549 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 1 | 1 | GURGY-LE-CHATEAU | 21313 | 0 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1764 | 134 | 24,41 |
| FRHR14-F1020600 | 255 | l'aubette | 6297 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 1 | CHAMBAIN | 21129 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 962 | 648 | 10,29 |
| FRHR14-F1020600 | 255 | l'aubette | 6297 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 1 | LIGNEROLLES | 21350 | 0 | 1 | 1 | 4 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 1354 | 1222 | 19,41 |
| FRHR14-F1020600 | 255 | l'aubette | 6297 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 1 | GURGY-LA-VILLE | 21312 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 1250 | 1246 | 19,79 |
| FRHR14-F1020600 | 255 | l'aubette | 6297 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 1 | LES GOULLES | 21303 | 1 | 3 | 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 871 | 870 | 13,82 |
| FRHR14-F1040600 | 256 | ruisseau du coupe charme | 10312 | moyen | moyen | Indéterminé | Indéterminé | 1 | 1 | LA CHAUME | 21159 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3347 | 3199 | 31,02 |
| FRHR14-F1040600 | 256 | ruisseau du coupe charme | 10312 | moyen | moyen | Indéterminé | Indéterminé | 1 | 1 | FAVEROLLES-LES-LUCEY | 21262 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1010 | 1004 | 9,74 |
| FRHR14-F1040600 | 256 | ruisseau du coupe charme | 10312 | moyen | moyen | Indéterminé | Indéterminé | 1 | 1 | LUCEY | 21359 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | 1848 | 1693 | 16,42 |
| FRHR14-F1040600 | 256 | ruisseau du coupe charme | 10312 | moyen | moyen | Indéterminé | Indéterminé | 1 | 1 | LOUESME | 21357 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1916 | 1182 | 11,46 |
| FRHR14-F1052200 | 257 | ru du bruyant | 1350 | moyen | moyen | bon | Indéterminé | 1 | 1 | GEVROLLES | 21296 | 0 | 0 | 0 | 26 | 0 | 0 | 34 | 0 | 7 | 2665 | 1026 | 76 |
| FRHR2A | 1007 | la Seine du confluent du Brévon (exclu) au conflue | 23851 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 3 | AISEY-SUR-SEINE | 21006 | 1 | 1 | 4 | 19 | 0 | 3 | 6 | 0 | 19 | 1301 | 1218 | 5,11 |
| FRHR2A | 1007 | la Seine du confluent du Brévon (exclu) au conflue | 23851 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 3 | BALOT | 21044 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1535 | 965 | 4,05 |
| FRHR2A | 1007 | la Seine du confluent du Brévon (exclu) au conflue | 23851 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 3 | BUNCEY | 21115 | 0 | 1 | 1 | 15 | 1 | 6 | 15 | 1 | 8 | 2754 | 2750 | 11,53 |
| FRHR2A | 1007 | la Seine du confluent du Brévon (exclu) au conflue | 23851 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 3 | CHEMIN-D'AISEY | 21165 | 0 | 2 | 3 | 17 | 0 | 1 | 7 | 1 | 14 | 820 | 477 | 2 |
| FRHR2A | 1007 | la Seine du confluent du Brévon (exclu) au conflue | 23851 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 3 | AMPILLY-LE-SEC | 21012 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2460 | 2454 | 10,29 |
| FRHR2A | 1007 | la Seine du confluent du Brévon (exclu) au conflue | 23851 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 3 | CERILLY | 21125 | 2 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1389 | 1297 | 5,44 |
| FRHR2A | 1007 | la Seine du confluent du Brévon (exclu) au conflue | 23851 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 3 | ETROCHEY | 21258 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 307 | 248 | 1,04 |
| FRHR2A | 1007 | la Seine du confluent du Brévon (exclu) au conflue | 23851 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 3 | CHAMESSON | 21134 | 2 | 4 | 5 | 2 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 1621 | 1619 | 6,79 |
| FRHR2A | 1007 | la Seine du confluent du Brévon (exclu) au conflue | 23851 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 3 | VIX | 21711 | 1 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 352 | 310 | 1,3 |
| FRHR2A | 1007 | la Seine du confluent du Brévon (exclu) au conflue | 23851 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 3 | NOD-SUR-SEINE | 21455 | 0 | 1 | 1 | 6 | 0 | 1 | 4 | 0 | 3 | 2497 | 2459 | 10,31 |

seulement et coulée de boue sur le territoire de l'EPAGE Sequana - Cartographie de l'aléa et du risque ruissellement et coulée de boue

mauvais médiocre moyen bon très bon très faible faible moyen fort très fort

| Masse d'eau (ME) | | | | | | | | | | Commune (COM) | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Évaluation du risque ruissellement et coulée de boue sur le territoire de l'EPAGE Sequana - Cartographie de l'aléa et du risque ruissellement et coulée de boue

| Code Européen ME | Identifiant ME | Nom ME | Superficie ME (ha) | Etat écologique | Etat physico-chimique | Etat biologique | Etat hydromorpho | Aléa érosion des sols actuel | Aléa érosion des sols défavorable | Nom COM | CODE INSEE | Nombre total de CatNat 1984-2018 | Aléa coulée de boue actuel | Aléa coulée de boue défavorable | Risque coulée de boue | | | | | | Superficie COM (ha) | Superficie de la COM dans la ME (ha) | Superficie de la COM dans la ME (%) |
|------------------|----------------|--|--------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--|---|--|---|--|---|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | Nombre de batis concernés par un risque moyen actuel | Nombre de batis concernés par un risque fort actuel | Nombre de batis concernés par un risque très fort actuel | Nombre de batis concernés par un risque moyen défavorable | Nombre de batis concernés par un risque fort défavorable | Nombre de batis concernés par un risque très fort défavorable | | | |
| FRHR2A | 1007 | la Seine du confluent du Brévon (exclu) au conflue | 23851 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 3 | SEMOND | 21602 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 609 | 321 | 1,35 |
| FRHR2A | 1007 | la Seine du confluent du Brévon (exclu) au conflue | 23851 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 3 | SAINTÉ-COLOMBE-SUR-SEINE | 21545 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 0 | 22 | 1 | 0 | 1646 | 1575 | 6,6 |
| FRHR2B | 1008 | la Seine du confluent de la riviere de Courcelles | 6725 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 1 | VANNAIRE | 21653 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 368 | 368 | 5,47 |
| FRHR2B | 1008 | la Seine du confluent de la riviere de Courcelles | 6725 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 1 | OBTREE | 21465 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 558 | 515 | 7,66 |
| FRHR2B | 1008 | la Seine du confluent de la riviere de Courcelles | 6725 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 1 | VILLERS-PATRAS | 21700 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 619 | 580 | 8,62 |
| FRHR2B | 1008 | la Seine du confluent de la riviere de Courcelles | 6725 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 1 | POTHIERES | 21499 | 1 | 3 | 3 | 8 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 1770 | 1423 | 21,16 |
| FRHR2B | 1008 | la Seine du confluent de la riviere de Courcelles | 6725 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 1 | CHAUMONT-LE-BOIS | 21161 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 683 | 553 | 8,22 |
| FRHR2B-F0126000 | 1010 | val d'ome | 1004 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 1 | 1 | CHARREY-SUR-SEINE | 21149 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1276 | 634 | 63,15 |
| FRHR2B-F0126000 | 1010 | val d'ome | 1004 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 1 | 1 | GOMMEVILLE | 21302 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 989 | 301 | 29,98 |
| FRHR3B-F0234000 | 1295 | ru de l'etang bailly | 956 | moyen | moyen | Indéterminé | Indéterminé | 1 | 1 | VILLEDIEU | 21693 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1379 | 665 | 69,56 |
| FRHR3B-F0240600 | 1296 | ruisseau du val dupuis | 3651 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 1 | 1 | MOLESME | 21419 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2853 | 1493 | 40,89 |
| FRHR3B-F0240600 | 1296 | ruisseau du val dupuis | 3651 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 1 | 1 | NOIRON-SUR-SEINE | 21460 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1187 | 489 | 13,39 |
| FRHR3B-F0240600 | 1296 | ruisseau du val dupuis | 3651 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 1 | 1 | BOUIX | 21093 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1570 | 758 | 20,76 |
| FRHR4 | 1297 | L'Ource de sa source au confluent de la Digeanne (| 11348 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 4 | MENESBLE | 21402 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 546 | 444 | 3,91 |
| FRHR4 | 1297 | L'Ource de sa source au confluent de la Digeanne (| 11348 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 4 | LEUGLAY | 21346 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 2444 | 1814 | 15,99 |
| FRHR4 | 1297 | L'Ource de sa source au confluent de la Digeanne (| 11348 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 4 | POINSENOT | 52393 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 736 | 735 | 6,48 |
| FRHR4 | 1297 | L'Ource de sa source au confluent de la Digeanne (| 11348 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 4 | COLMIER-LE-HAUT | 52138 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1019 | 1007 | 8,87 |
| FRHR4 | 1297 | L'Ource de sa source au confluent de la Digeanne (| 11348 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 4 | AUBERIVE | 52023 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 230 | 230 | 2,03 |
| FRHR4 | 1297 | L'Ource de sa source au confluent de la Digeanne (| 11348 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 4 | COLMIER-LE-BAS | 52137 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 615 | 591 | 5,21 |
| FRHR4 | 1297 | L'Ource de sa source au confluent de la Digeanne (| 11348 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 4 | RECEY-SUR-OURCE | 21519 | 1 | 4 | 4 | 33 | 0 | 0 | 42 | 0 | 0 | 2747 | 1729 | 15,24 |
| FRHR4 | 1297 | L'Ource de sa source au confluent de la Digeanne (| 11348 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 4 | VALS-DES-TILLES | 52094 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 173 | 173 | 1,52 |
| FRHR4-F0402000 | 1298 | ruisseau de vanoce | 1097 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 1 | VILLARS-SANTENOGE | 52526 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 1768 | 236 | 21,51 |
| FRHR4-F0402000 | 1298 | ruisseau de vanoce | 1097 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 1 | POINSON-LES-GRANCEY | 52395 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1161 | 386 | 35,19 |
| FRHR4-F0404000 | 1299 | lochere (combe) | 2239 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 4 | BENEUVRE | 21063 | 1 | 1 | 4 | 6 | 0 | 0 | 8 | 1 | 5 | 1445 | 836 | 37,34 |
| FRHR4-F0404000 | 1299 | lochere (combe) | 2239 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 4 | CHAUGEY | 21157 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 669 | 570 | 25,46 |
| FRHR4-F0404000 | 1299 | lochere (combe) | 2239 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 4 | BURE-LES-TEMPLIERS | 21116 | 0 | 1 | 4 | 17 | 1 | 3 | 17 | 0 | 12 | 3531 | 726 | 32,43 |
| FRHR4-F0406000 | 1300 | ruisseau la groeme | 3617 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 4 | TERREFONDREE | 21626 | 0 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1398 | 719 | 19,88 |
| FRHR4-F0406000 | 1300 | ruisseau la groeme | 3617 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 4 | MINOT | 21415 | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 | 3630 | 1036 | 28,64 |

mauvais médiocre moyen bon très bon très faible faible moyen fort très fort

Évaluation du risque ruissellement et coulée de boue sur le territoire de l'EPAGE Sequana - Cartographie de l'aléa et du risque ruissellement et coulée de boue

| Masse d'eau (ME) | | | | | | | | | | Commune (COM) | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------|--|--------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--|---|--|---|--|---|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Code Européen ME | Identifiant ME | Nom ME | Superficie ME (ha) | Etat écologique | Etat physico-chimique | Etat biologique | Etat hydromorpho | Aléa érosion des sols actuel | Aléa érosion des sols défavorable | Nom COM | CODE INSEE | Nombre total de CatNat 1984-2018 | Aléa coulée de boue actuel | Aléa coulée de boue défavorable | Risque coulée de boue | | | | | | Superficie COM (ha) | Superficie de la COM dans la ME (ha) | Superficie de la COM dans la ME (%) |
| | | | | | | | | | | | | | | | Nombre de batis concernés par un risque moyen actuel | Nombre de batis concernés par un risque fort actuel | Nombre de batis concernés par un risque très fort actuel | Nombre de batis concernés par un risque moyen défavorable | Nombre de batis concernés par un risque fort défavorable | Nombre de batis concernés par un risque très fort défavorable | | | |
| FRHRS | 1356 | la Digeanne de sa source au confluent de l'Ource (| 7955 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 1 | ESSAROIS | 21250 | 1 | 1 | 4 | 2 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 1848 | 1571 | 19,75 |
| FRHRS-F0413500 | 1357 | ruisseau de villarnon | 2041 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 1 | SAINT-BROING-LES-MOINES | 21543 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 1986 | 498 | 24,4 |
| FRHRS-F0413500 | 1357 | ruisseau de villarnon | 2041 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 1 | MOITRON | 21418 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1538 | 746 | 36,55 |
| FRHRS-F0413500 | 1357 | ruisseau de villarnon | 2041 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 1 | MONTMOYEN | 21438 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1924 | 415 | 20,33 |
| FRHR6 | 1414 | L'Ource du confluent de la Digeanne (exclu) au con | 18279 | moyen | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 1 | VANVEY | 21655 | 1 | 5 | 5 | 10 | 0 | 0 | 6 | 0 | 5 | 1650 | 1638 | 8,96 |
| FRHR6 | 1414 | L'Ource du confluent de la Digeanne (exclu) au con | 18279 | moyen | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 1 | BELAN-SUR-OURCE | 21058 | 5 | 3 | 4 | 7 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 2047 | 2010 | 11 |
| FRHR6 | 1414 | L'Ource du confluent de la Digeanne (exclu) au con | 18279 | moyen | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 1 | MAISEY-LE-DUC | 21372 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 1252 | 1012 | 5,54 |
| FRHR6 | 1414 | L'Ource du confluent de la Digeanne (exclu) au con | 18279 | moyen | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 1 | PRUSLY-SUR-OURCE | 21510 | 0 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1595 | 1134 | 6,2 |
| FRHR6 | 1414 | L'Ource du confluent de la Digeanne (exclu) au con | 18279 | moyen | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 1 | MOSSON | 21444 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 10 | 2 | 0 | 762 | 693 | 3,79 |
| FRHR6 | 1414 | L'Ource du confluent de la Digeanne (exclu) au con | 18279 | moyen | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 1 | VILLOTTE-SUR-OURCE | 21706 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 950 | 767 | 4,2 |
| FRHR6 | 1414 | L'Ource du confluent de la Digeanne (exclu) au con | 18279 | moyen | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 1 | BRION-SUR-OURCE | 21109 | 5 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1387 | 1386 | 7,58 |
| FRHR6 | 1414 | L'Ource du confluent de la Digeanne (exclu) au con | 18279 | moyen | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 1 | VOULAINES-LES-TEMPLIERS | 21717 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 0 | 5 | 1 | 0 | 2314 | 1170 | 6,4 |
| FRHR6-F0421000 | 1415 | ruisseau du canal | 2037 | bon | bon | très bon | Indéterminé | 1 | 1 | VILLIERS-LE-DUC | 21704 | 2 | 1 | 1 | 12 | 0 | 0 | 17 | 0 | 2 | 8681 | 1733 | 85,08 |
| FRHR6-F0428000 | 1416 | ruisseau des ainguets | 6785 | médiocre | bon | médiocre | Indéterminé | 1 | 1 | THOIRES | 21628 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1032 | 294 | 4,33 |
| FRHR6-F0428000 | 1416 | ruisseau des ainguets | 6785 | médiocre | bon | médiocre | Indéterminé | 1 | 1 | BISSEY-LA-COTE | 21077 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2012 | 1515 | 22,33 |
| FRHR6-F0428000 | 1416 | ruisseau des ainguets | 6785 | médiocre | bon | médiocre | Indéterminé | 1 | 1 | COURBAN | 21202 | 1 | 1 | 3 | 22 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 1747 | 1429 | 21,06 |
| FRHR6-F0436000 | 1417 | ruisseau de beaumont | 1258 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 1 | 1 | AUTRICOURT | 21034 | 4 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2631 | 543 | 43,16 |
| FRHR6-F0436000 | 1417 | ruisseau de beaumont | 1258 | bon | bon | Indéterminé | Indéterminé | 1 | 1 | RIEL-LES-EAUX | 21524 | 1 | 1 | 1 | 6 | 0 | 0 | 16 | 0 | 4 | 2554 | 685 | 54,45 |
| FRHR6-F0450600 | 1418 | ruisseau le landion | 201 | bon | bon | bon | Indéterminé | 1 | 1 | GRANCEY-SUR-OURCE | 21305 | 2 | 1 | 1 | 9 | 0 | 0 | 37 | 0 | 0 | 2446 | 172 | 85,57 |

ruissellement et coulée de boue sur le territoire de l'EPAGE Sequana - Cartographie de l'aléa et du risque ruissellement et coulée de boue



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34

Direction Bourgogne – Franche-Comté

27 rue Louis de Broglie – 21000 DIJON

Tél. : 03 80 72 90 40

www.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm