



Document public

# Cartographie de l'aléa mouvement de terrain Commune de BOULOUPARIS (Nouvelle-Calédonie) Echelle 1:25 000

Rapport final

**BRGM/RP- 73163 -FR**  
**DIMENC SGNC-2024(14)**  
Décembre 2024

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

**B. Colas, Y. Thiery, Y. Guyomard, M. Mengin, M.Legoedec, M. Premaillon, L. Alizert, O. Monge**

**Vérificateur :**

Nom : S. Bernardie

Fonction : Ingénieure  
géotechnicienne

Date : 24/02/2025

Signature :



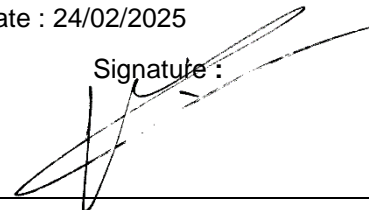
**Approbateur :**

Nom : V. Mardhel

Fonction: Directeur Antenne  
Nouvelle Calédonie

Date : 24/02/2025

Signature :



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



**Mots-clés** : aléa, susceptibilité, mouvement de terrain, glissement de terrain, chutes de blocs, laves torrentielles, Nouvelle Calédonie, Boulouparis

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

**B. Colas, Y. Thiery, Y. Guyomard, M. Mengin, M.Legoedec, M. Premaillon, L. Alizert, O. Monge (2024)** – Cartographie de l'aléa mouvement de terrain. Commune de BOULOUPARIS (Nouvelle-Calédonie). Echelle 1:25 000<sup>ème</sup>. Rapport final. BRGM/RP-73163-FR DIMENC SGNC 2024(14), 47 p., 25 illustrations, 7 annexes.



## SYNTHESE

Lors des événements météorologiques intenses de novembre 2016, la commune de Houailou a éprouvé des phénomènes de mouvements de terrain dramatiques (8 victimes). Cette menace fait partie des risques naturels auxquels le pays est soumis, dont les plus notables sont les risques cycloniques (vent, pluie, submersion), les inondations, les incendies, les séismes et les tsunamis.

L'aléa « mouvements de terrain » à l'échelle du pays reste encore méconnue et insuffisamment pris en compte par les populations et les autorités. En conséquence, une démarche de caractérisation des aléas mouvement de terrain a été engagée à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie. Ainsi, dans le cadre d'un programme pluriannuel, le gouvernement de Nouvelle-Calédonie, grâce au service géologique de la DIMENC, et le BRGM ont convenu de mutualiser leurs moyens et leurs compétences pour établir des cartes communales d'aléas mouvements de terrain, à l'échelle du 1 : 25 000<sup>ème</sup>.

La méthode d'évaluation des aléas est relativement innovante, déclinée par type de phénomène (éboulement rocheux, glissements fins et grossiers et laves torrentielles), basée sur une approche quantitative intégrant intensité (ampleur) et probabilité d'occurrence des phénomènes considérés. Cette démarche est détaillée dans un rapport spécifique (BRGM/RP-73161-FR / DIMENC/SGNC-2023(10)). L'ensemble des réalisations sont menées de façon partenariale entre le service de la géologie de Nouvelle Calédonie (SGNC) et le BRGM, suivant l'état de l'art porté par les groupes de travail nationaux relatifs aux mouvements de terrain.

Le présent rapport se veut très illustré et abordable par le plus grand nombre, dans un souci d'information et de prévention. Il expose et présente pour la commune de Boulouparis :

- Le contexte communal ;
- La démarche méthodologique ;
- L'inventaire des phénomènes passés ;
- Les données produites et utilisées ;
- Les résultats

Les annexes permettent le cas échéant d'approfondir certains points.

Ce programme de cartographie de l'aléa « mouvements de terrain » est la première brique de la politique publique de gestion des risques (PPGR, 10/2022), élaborée à la demande du gouvernement de Nouvelle-Calédonie et coordonnée par la direction de la sécurité civile et de la gestion des risques (DSCGR). Pour rappel :

- La Nouvelle-Calédonie est compétente en matière de sécurité civile, et donc de prévention des risques, depuis que ce transfert est effectif (1<sup>er</sup> janvier 2014).
- Les Plans de Prévention des Risques (PPR) naturels prévisibles ne s'appliquent pas en Nouvelle-Calédonie.

A la place, il est envisagé de superposer l'aléa aux enjeux actuels ou futurs (définis en concertation avec les collectivités locales), afin que des recommandations voire des prescriptions en matière d'aménagement ou de construction, puissent être appliquées le cas échéant, selon des principes directeurs à définir, ou le volontarisme de communes et provinces.



# Sommaire

<b>1</b>	<b>PRESENTATION DE LA COMMUNE .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>PRESENTATION DE LA DEMARCHE.....</b>	<b>13</b>
2.1	Evaluation de la rupture .....	13
2.2	Evaluation de la propagation .....	14
2.3	Evaluation de l'aléa .....	14
<b>3</b>	<b>INVENTAIRE DES EVENEMENTS PASSES.....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>LES DONNEES NECESSAIRES : VARIABLES PREDICTIVES .....</b>	<b>23</b>
4.1	Données géologiques.....	23
4.2	Données morphologiques.....	24
<b>5</b>	<b>RESULTATS .....</b>	<b>31</b>
5.1	Cartographie de l'aléa mouvements de terrain .....	31
5.2	Validation des résultats .....	32
5.3	Enjeux et risques.....	41
<b>6</b>	<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>45</b>
7.1	Guides.....	45
7.2	Rapports .....	45
7.3	Documents académiques .....	45
<b>8</b>	<b>ANNEXES.....</b>	<b>47</b>
8.1	Annexe 1 – Lexique des termes utilisés .....	47
8.2	Annexe 2 – Indicateurs morphométriques des évènements .....	54
8.3	Annexe 3 – Susceptibilité de rupture par phénomène .....	56
8.4	Annexe 4 – Méthode d'évaluation de l'aléa mouvement de terrain .....	78
8.5	Annexe 5 – Application sur la commune de BOULOUPARIS .....	85
8.6	Annexe 6 – Atlas cartographiques : phénomènes de mouvement de terrain .....	93
8.7	Annexe 7 – Atlas cartographiques : aléa mouvement de terrain .....	95
	Annexe hors-texte : BDD cartographiques (SIG)	
	Inventaire des mouvements de terrain	
	Cartes d'aléa par phénomène et carte de synthèse	

## Liste des illustrations

Illustration 1 – Présentation de la commune de Boulouparis .....	12
Illustration 2 – Matrice d'évaluation de l'aléa croisant Intensité et Atteinte .....	14
Illustration 3 – Synthèse méthodologique déclinée par type de phénomène .....	15
Illustration 4 – Exemple de cartographie des enveloppes des mouvements de terrain .....	17
Illustration 5 – Inventaire cartographique des phénomènes de mouvements de terrain .....	18
Illustration 6 – Différents types de mouvement de terrain sur la commune de Boulouparis .....	20
Illustration 7 – Dénombrement des phénomènes de mouvements de terrain par période .....	21
Illustration 8 – Distribution des surfaces [m <sup>2</sup> ] et des pentes [°] par typologie de mouvements de terrain .....	21
Illustration 9 – Carte du substratum de la commune de Boulouparis.....	25
Illustration 10 – Exemple de mise à jour du régolithe .....	26
Illustration 11 – Carte du régolithe de la commune de Boulouparis.....	27
Illustration 12 – Cartographie des classes de pentes sur la commune de Boulouparis.....	28
Illustration 13 – Cartographie des classes de paysages (TPI) sur la commune de Boulouparis .....	29
Illustration 14 – Cartographie des classes de paysages (Landform) sur la commune de Boulouparis.....	30
Illustration 15 – Exposition du territoire communal (km <sup>2</sup> et %) aux différents types de phénomène et niveau d'aléa .....	32
Illustration 16 – Taux de reconnaissance selon le type de phénomène (rupture) .....	32
Illustration 17 – Taux de reconnaissance des événements (rupture et propagation) selon la classe d'aléa finale pour chaque de phénomène .....	33
Illustration 18 – Propagation de LT hors emprise de zone soumise théoriquement à aléa .....	34
Illustration 19 – Cartographie de l'aléa Chute de Blocs .....	35
Illustration 20 – Cartographie de l'aléa Glissements Fins .....	36
Illustration 21 – Cartographie de l'aléa Glissements Grossiers.....	37
Illustration 22 – Cartographie de l'aléa Laves Torrentielles .....	38
Illustration 23 – Cartographie de l'aléa mouvements de terrain .....	39
Illustration 24 – Exposition des constructions à l'aléa mouvements de terrain sur la commune de Boulouparis.....	41
Illustration 25 – Les 7 piliers de la prévention des risques naturels, au service de la Politique Publique de Gestion des Risques (PPGR) en Nouvelle-Calédonie.....	44

# 1 Présentation de la commune

La commune de Boulouparis est située dans la partie sud de la côte ouest de la Grande Terre, en Province Sud (Illustration 1). Elle se trouve à environ 70 kilomètres au Nord-Ouest de Nouméa. Elle est bordée par les communes de La Foa au nord-ouest, de Païta au sud-est et celle de Thio à l'Est. Elle s'étend sur une superficie de 862 km<sup>2</sup>, ce qui en fait une des communes les plus vastes.

La commune de Boulouparis est accessible principalement par la Route Territoriale 1 (RT1). Elle est centrée sur le village de Boulouparis qui se développe au centre de la façade littorale de la commune, elle inclue également plusieurs villages et lieux-dits tel que Tomo, Bouraké et Port Ouenghi.

Le territoire de Boulouparis présente une diversité de paysages caractéristiques de la côte Ouest de la Grande Terre :

- La plaine côtière, qui s'étend le long de la frange littorale de la commune. Cette zone est dominée par des reliefs bas et des mangroves.
- Les vallées, la commune est traversée par plusieurs rivières et cours d'eau : La Tontouta limitrophe avec Païta, La Ouenghi, La Boulouparis et La Ouaménié.
- La chaîne : elle s'étend le long de la frange est de la commune et forme une barrière naturelle entre la côte Ouest et la côte Est. Les sommets culminants à plus de 1 000 m, tels que le Mont Do, les Koungouhaou et la Dents de Saint-Vincent (1445 m).

La population de Boulouparis était d'environ 3315 habitants (recensement 2019) soit une densité de 3,8 habitants/km<sup>2</sup>. La population est répartie entre le village principal de Boulouparis et celui de Tomo, les 4 tribus et des zones rurales comme Bouraké et Port Ouenghi.

Les 4 tribus qui sont présentes sur la commune, dénombrent 730 habitants (22% population) :

- La tribu de Ouitchambo (250 hab.), se situe à l'ouest du village, au pied du lieu-dit « Pic de Ouitchambo dans la vallée alluviale de la Ouatchaoué ;
- La tribu de Ouinané (190 hab.), se localise au Sud-Ouest de la commune, entre le village de Boulouparis et de Tomo, en amont de la station d'élevage du même nom ;
- La tribu de Nassirah (160 hab.), se situe à l'amont de la commune de Boulouparis, au pied du col de Nassirah ;
- La tribu de Kouerga (130 hab.) ; se situe dans la chaîne à l'extrémité Nord-Est de la commune de Boulouparis en limite avec la commune de Thio.

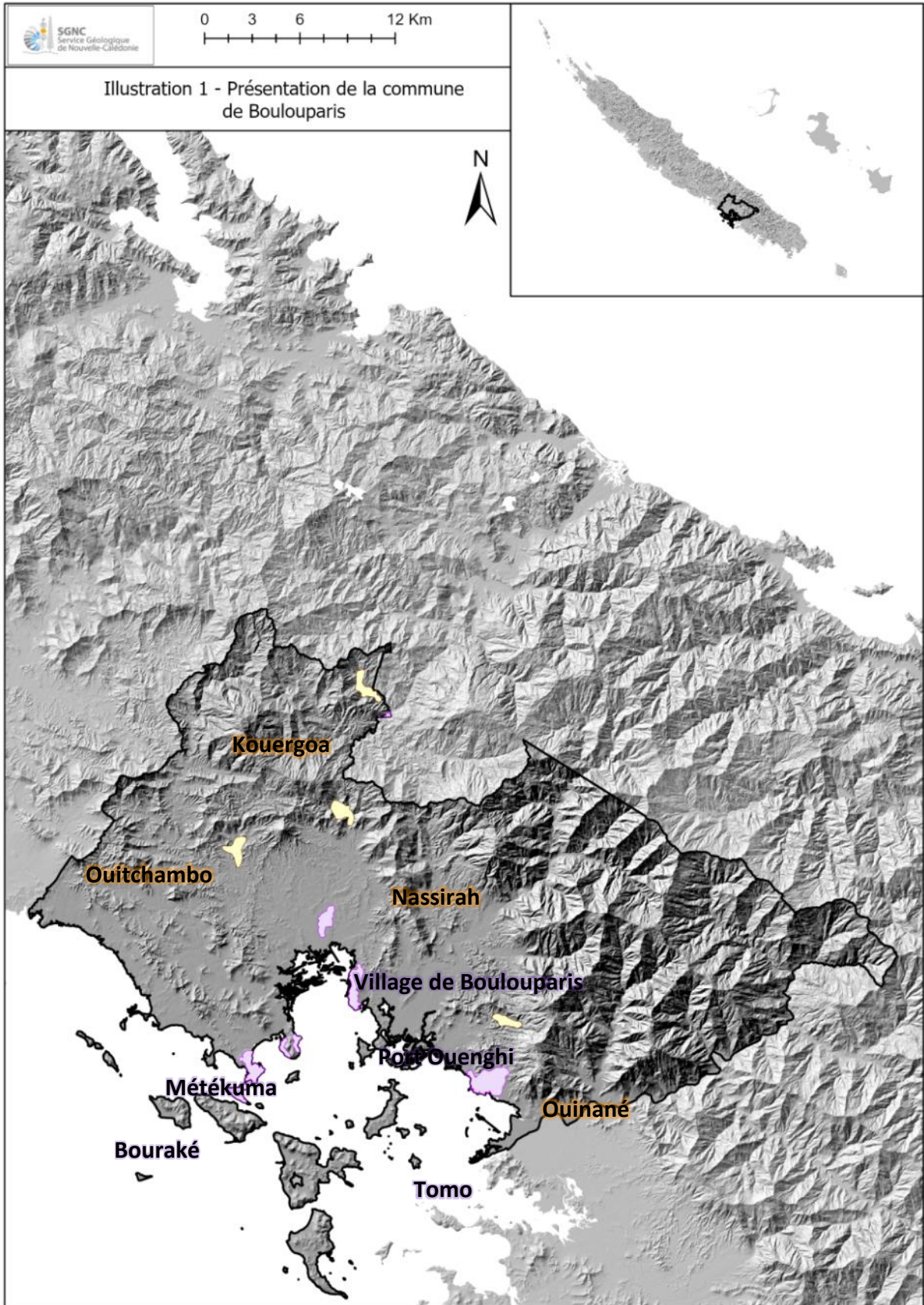


Illustration 1 – Présentation de la commune de Boulouparis

## 2 Présentation de la démarche

L'aléa se définit comme la manifestation d'un phénomène ou un évènement naturel d'**occurrence** et d'**intensité** données (C2ROP, 2022). Caractériser l'aléa mouvement de terrain sur un territoire revient à définir la probabilité spatiale (susceptibilité) et temporelle (période de retour) qu'un type de phénomène, d'une certaine intensité (ampleur et conséquences du phénomène) se produise à l'échelle de ce territoire, pour une période temporelle donnée (Cruden et Fell, 1997 ; Fell et al., 2005).

La caractérisation de l'aléa est menée pour 4 types de mouvements de terrain : les chutes de blocs (CB), les glissements fins (GF), les glissements grossiers (GG) et les laves torrentielles (LT) (voir Lexique en annexe, § 8.1). Les grands glissements de versant (GGV), phénomènes exceptionnels et plus anciens sont délimités pour mémoire, mais l'aléa associé n'est pas caractérisé.

L'inventaire des phénomènes passé constitue un préalable indispensable à l'évaluation des aléas pour identifier les conditions d'apparition des évènements. Il est réalisé sur l'ensemble du territoire communal principalement à partir de photo-interprétation (photos aériennes et images satellites) à différentes dates (1976, 2008, 2011, etc.).

L'évaluation de l'occurrence du phénomène (ou atteinte) intègre **la rupture et la propagation** de celui-ci. La rupture intègre une dimension temporelle alors que la propagation est indépendante du temps (une fois enclenché le mouvement se propage plus ou moins loin dans les versants). Les deux évaluations (rupture et propagation) sont donc menées successivement (voir annexe § 8.3) : analyse de la rupture (dimension spatiale et temporelle du phénomène) puis celle de la propagation (composante spatiale uniquement).

### 2.1 Evaluation de la rupture

La méthode déployée consiste à pondérer l'influence des facteurs de prédisposition (variables prédictives) définis par chaque typologie de phénomène :

- Géologie du substratum, formations superficielles (régolithe), pentes et paysages (landform, paramètre géomorphologique issu du MNT<sup>1</sup>) pour les GF et GG,
- Formations du régolithe, pentes, MNT et indice de positionnement topographique (TPI, Topographic Position Index) pour les LT.

Pour les LT, GF et GG la méthode valorisée est statistique (WoE : poids des évidences) en valorisant les données d'inventaire.

Pour les CB l'approche est experte, basée sur la morphologie et la lithologie des formations géologiques.

---

<sup>1</sup> MNT : Modèle Numérique de Terrain, altitude du sol à la maille de 10 m (DITTT)

## 2.2 Evaluation de la propagation

L'évaluation de la propagation des phénomènes diffère selon les aléas. Pour les GG, GF et LT une modélisation numérique<sup>2</sup> a été mise en œuvre. Cette modélisation permet de réaliser une hiérarchisation des périmètres de propagation en se basant sur les retours d'expérience fournis par l'inventaire. Le paramétrage du modèle dépend du type de phénomène. Le volume d'écoulement des débris, et de fait les hauteurs des masses propagées, ne sont pas évalués.

Pour les CB la propagation des chutes de blocs et éboulements est évaluée à partir de l'application de la méthode dite de la ligne d'énergie déclinée en 3D<sup>3</sup>.

## 2.3 Evaluation de l'aléa

La caractérisation de l'aléa se fait par croisement entre l'intensité du phénomène et la probabilité d'atteinte. Pour les GF, GG et LT, l'intensité est directement déduite de la vitesse du phénomène. Pour les CB, l'intensité dépend du volume de bloc en mouvement et de sa vitesse. Dans le cadre de l'étude, le volume du bloc est considéré homogène entre 0,25 et 1 m<sup>3</sup> indépendamment des formations géologiques concernées.

La matrice de croisement entre intensité et atteinte est présentée en Illustration 2. L'aléa est défini suivant 6 niveaux : Nul à négligeable, Très faible, Faible, Modéré, Elevé, Très élevé. Les différentes approches pour la détermination des probabilités d'intensité, de rupture et de propagation par type de phénomène sont synthétisées dans le tableau en Illustration 3.

		Intensité				
		Extrêmement lent	Très lent qq mm/an	Lent à rapide # qq m/jour	Très rapide # qq m/min	Extrêmement rapide # m/s
		Très faible 16 mm/an	Faible 1,6 mm/an	Moyenne 3 m/an	Très faible 5 m/an	Très élevée
Probabilité d'atteinte (classe d'atteinte)	Nulle à négligeable (1) 10 <sup>-6</sup>	Nul à négligeable	Nul à négligeable	Nul à négligeable	Très faible	Très faible
	Négligeable (2) 10 <sup>-5</sup>	Nul à négligeable	Nul à négligeable	Très faible	Faible	Faible
	Très faible (3) 10 <sup>-4</sup>	Nul à négligeable	Très faible	Faible	Modéré	Modéré
	Faible (4) 10 <sup>-3</sup>	Nul à négligeable	Faible	Modéré	Modéré	Elevée
	Moyen (5) 10 <sup>-2</sup>	Très faible	Modéré	Modéré	Elevée	Elevée
	Elevée (6) 10 <sup>-1</sup>	Faible	Modéré	Elevée	Elevée	Très élevée
	Très élevée (7)	Faible	Modéré	Elevée	Très élevée	Très élevée
			GF CB	GG	LT	

Illustration 2 – Matrice d'évaluation de l'aléa croisant Intensité et Atteinte

A titre d'exemple sur la caractérisation des aléas, un aléa élevé de glissement fin suppose une atteinte (occurrence) élevée à très élevée alors qu'une atteinte « faible » lave

<sup>2</sup> Avec l'outil Flow-R (Flow path assessment of gravitational hazards at Regional scale, Horton et al., 2013), Flow-R est un modèle empirique distribué pour l'évaluation de la susceptibilité aux mouvements gravitaires

<sup>3</sup> Avec l'outil ConeFall développé par l'EPFL (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne) et QUANTERRA (<https://quanterra.ch/resources/software/>).

torrentielle induit un aléa élevé, compte tenu du caractère particulièrement rapide et destructeur de ce phénomène.

		Type de phénomène				
		CB	GF	GG	LT	
Intensité	Taille des blocs	Vitesse				
	Moyenne	Modérée	Elevée	Très élevée		
	Volume compris entre 0.25 et 1 m <sup>3</sup>	Lent (0.005mm/s) à Rapide (50 mm/s)	Très rapide (50 mm/s à 5 m/s)		Extrêmement rapide (>5 m/s)	
Atteinte	Rupture	<b>Probabilité présence escarpement rocheux (selon un seuil de pente déduit de la résolution du MNT)</b> + Probabilité chute de bloc (selon une approche experte à partir des lithologies)	Calculs statistiques "Weight of evidence" à partir de variables prédictives et de l'inventaire des phénomènes			
			Variables prédictives :			
			Géologie du substratum		Formations du régolithe	
			Formations du régolithe		Pentes (dérivées du MNT)	
			Pentes (dérivées du MNT)		TPI (indice de position topographique, dérivée du MNT)	
	Landform (dérivée du MNT)		-			
Propagation	Calculs basés sur la notion de ligne d'énergie					
	Logiciel ConeFall	Logiciel Flow-R				

Illustration 3 – Synthèse méthodologique déclinée par type de phénomène

### 3 Inventaire des événements passés

3051 événements ont été recensés sur le territoire communal de Boulouparis et représentés cartographiquement par leur extension (Illustration 4, Annexe 6 – Atlas cartographiques : phénomènes de mouvement de terrain). Ils se répartissent selon 5 types (Illustration 5, Illustration 6, Illustration 7, Annexe 1 – Lexique des termes utilisés) et on dénombre :

- 2585 glissements grossiers (GG) soit 85 % des phénomènes recensés ;
- 274 glissements fins (GF), soit 9% de l'inventaire ;
- 15 coulées de matériaux fins et /ou grossiers qui résultent de mécanismes érosifs (ravinement), affectant les zones de décharges minières, soit 0,5% des événements ;
- 150 laves torrentielles (LT), 5% des événements ;
- Relativement peu de chutes de blocs (CB), 11 événements (<0,5%), compte tenu de la difficulté à repérer des blocs éboulés par photo-interprétation ;
- Notons également 16 grand glissements de versants (GGV) (0,5% des phénomènes).

Il est à noter que les phénomènes de coulées ne font pas l'objet de cartographie spécifique en raison du faible nombre d'événements répertoriés. La cartographie de laves torrentielles et des glissements grossiers (avec leur propagation) intègrent ces enveloppes de « coulées de matériaux ».

Spatialement les mouvements affectent la totalité de la commune, avec cependant une répartition dépendante de la géologie et du relief (Illustration 5). Les glissements grossiers et laves torrentielles affectent majoritairement les versants péridotitiques du Massif du Sud, tandis que les glissements fins sont concentrés sur les formations sédimentaires créacées dans la frange littorale. Les enveloppes des mouvements sont cartées en distinguant zones de rupture (ou d'ablation) et zone de propagation (ou d'accumulation).

Temporellement (Illustration 7), deux tiers (64%) des événements recensés sont datés d'avant 1976 (phénomènes repérés sur les images de la campagne 1976). Un tiers (34%) sont qualifié de récent (de 1976 à 2008). Les phénomènes qualifiés d'actuels (58 depuis 2008) sont peu nombreux (<2%).

L'effort considérable de recensement et de caractérisation des événements passés permet une exploitation statistique robuste et précieuse pour l'évaluation des aléas (Illustration 8 ; Annexe 2 – Indicateurs morphométriques des événements).

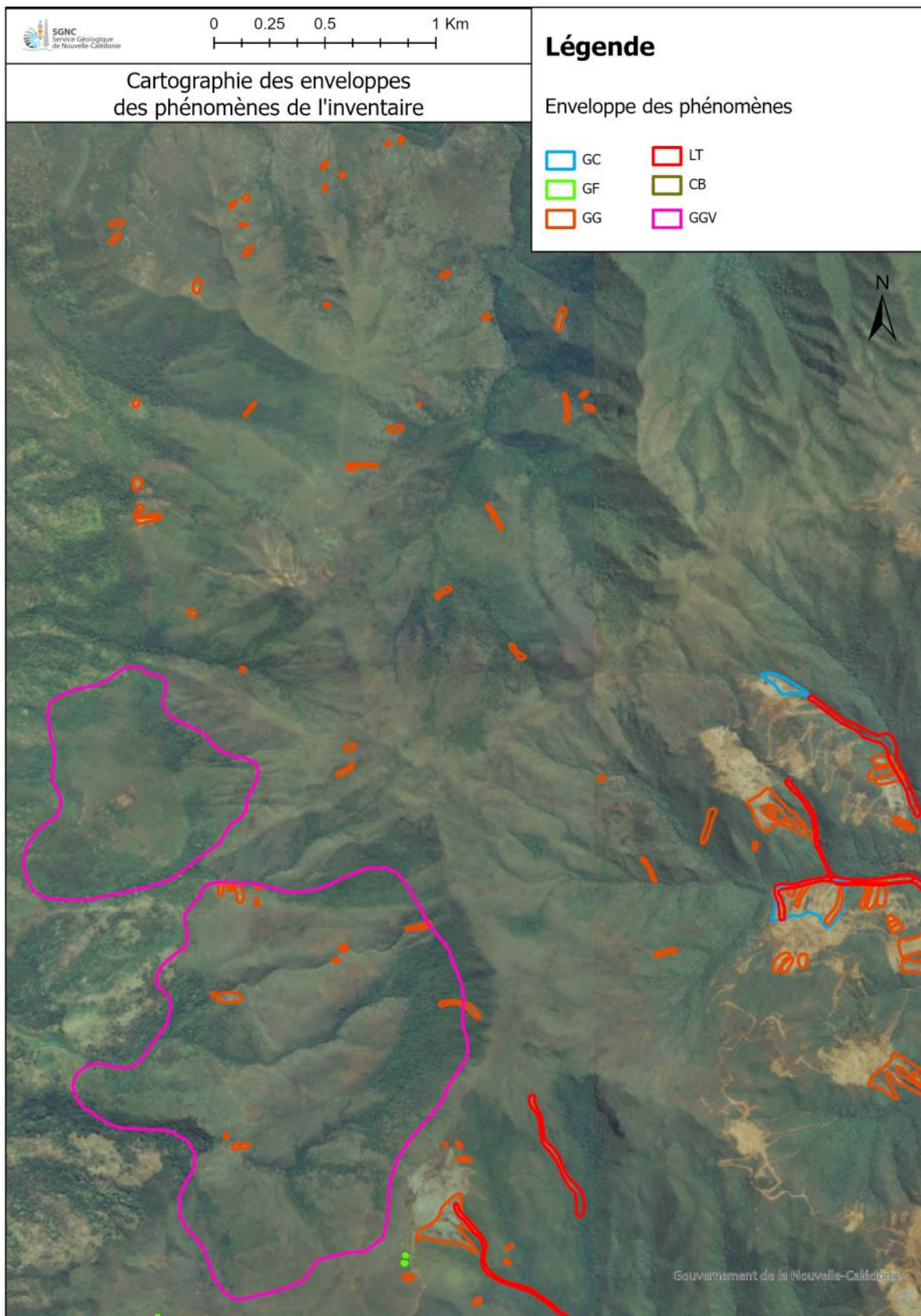


Illustration 4 – Exemple de cartographie des enveloppes des mouvements de terrain

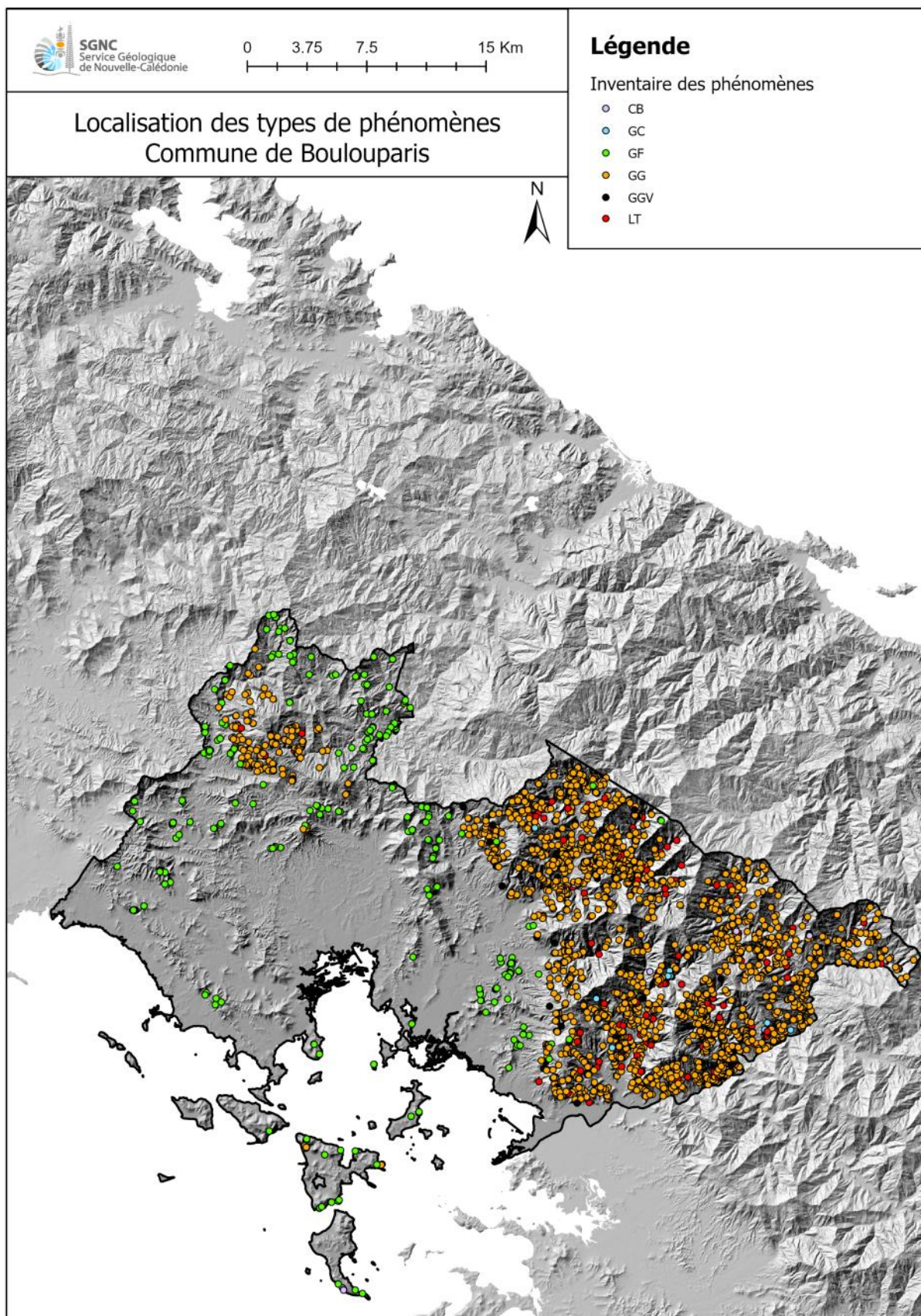
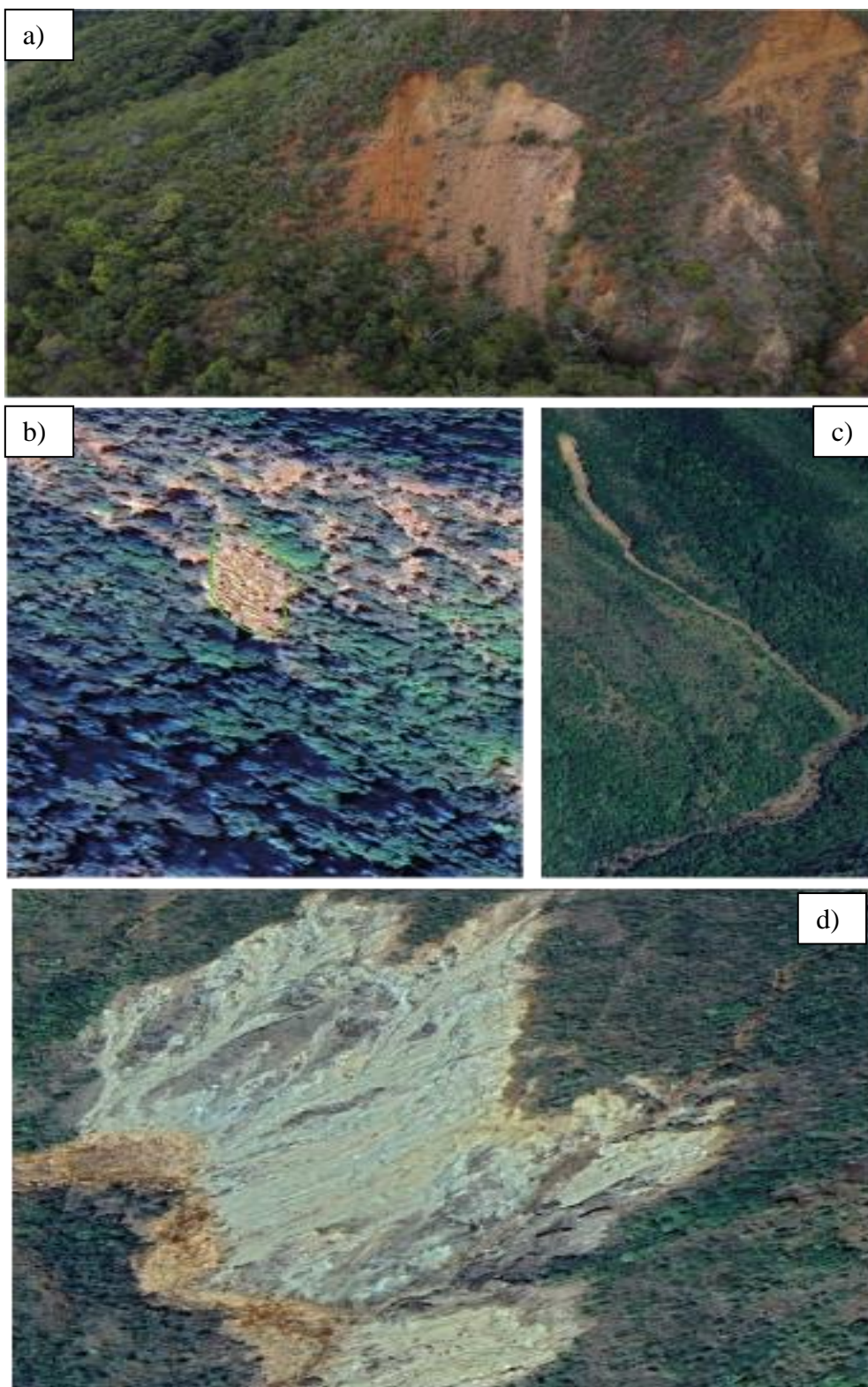
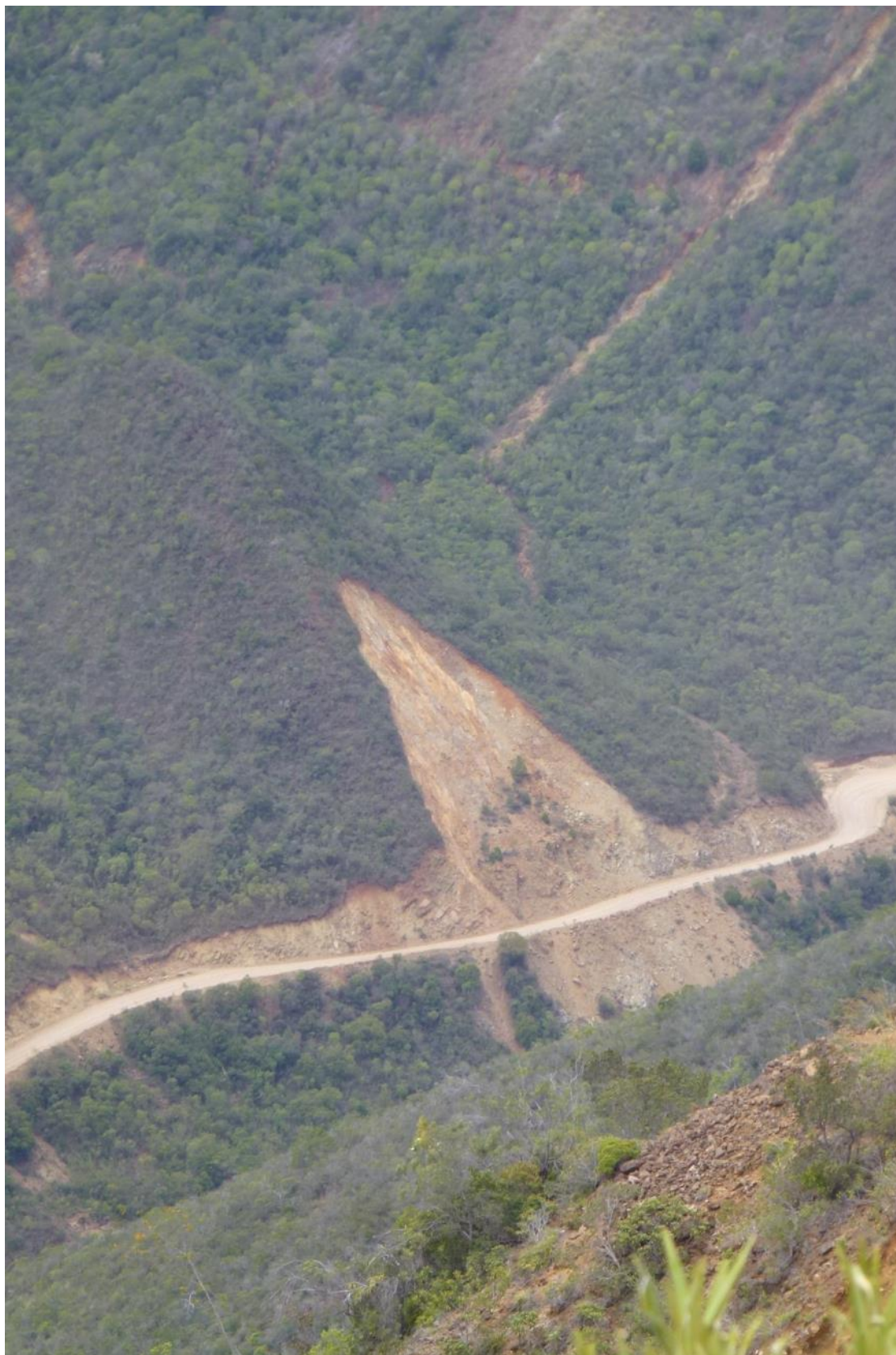


Illustration 5 – Inventaire cartographique des phénomènes de mouvements de terrain



a) Glissement grossier, substrat ultrabasique, Tomo ; b) Glissement fin, substrat volcanosédimentaire, Ouenghi ; c) Lave torrentielle, Substrat ultrabasique, d) Vallée de la Ouenghi.

*Illustration 6 – Différents types de mouvement de terrain sur la commune de Boulouparis*



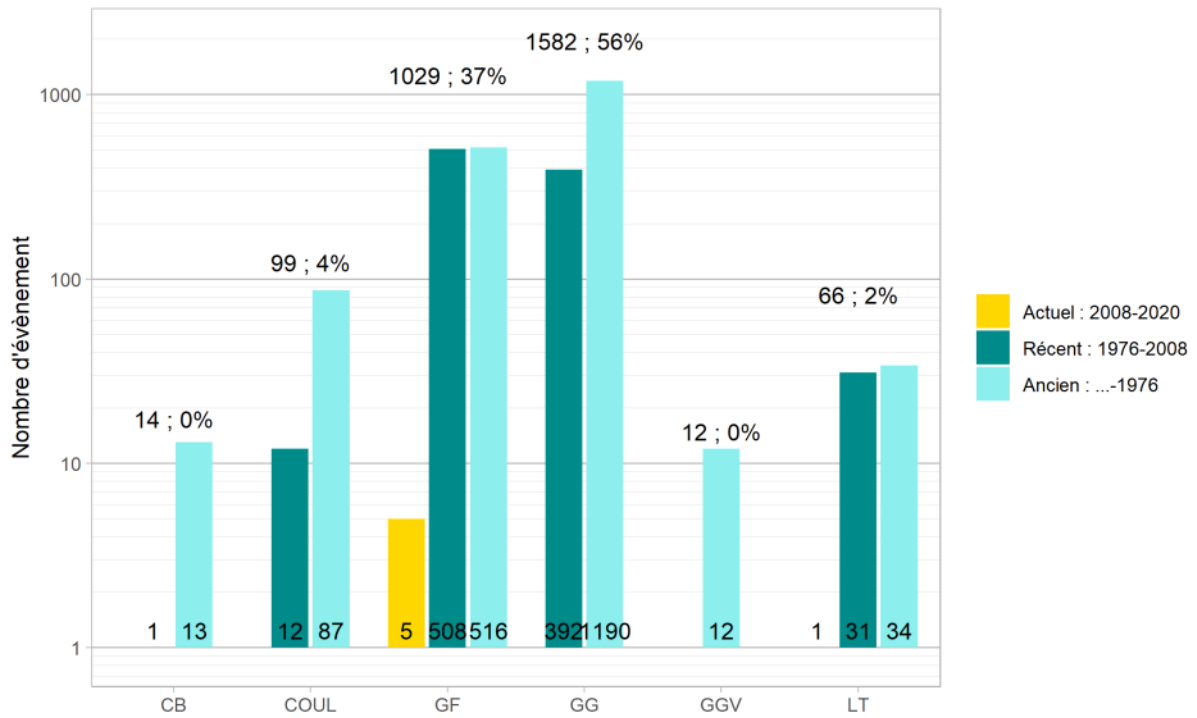


Illustration 7 – Dénombrement des phénomènes de mouvements de terrain par période

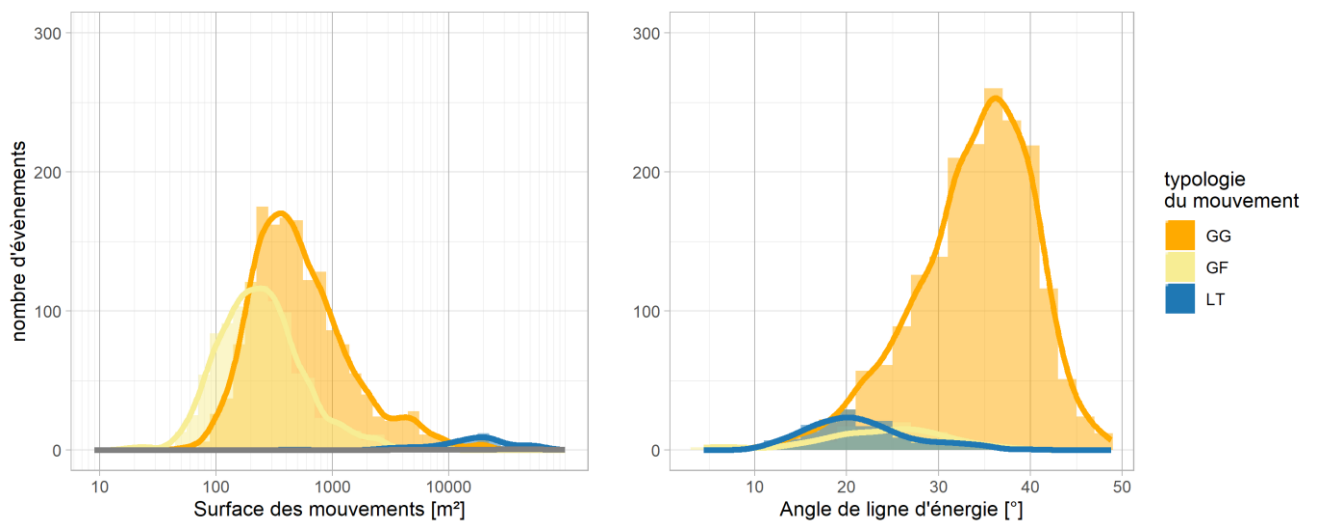


Illustration 8 – Distribution des surfaces [m²] et des pentes [°] par typologie de mouvements de terrain



## 4 Les données nécessaires : variables prédictives

Les variables prédictives sont utilisées conjointement avec les données de l'inventaire pour évaluer la probabilité de rupture pour l'ensemble des phénomènes (approche statistique pour GG, GF, LT et hiérarchisation experte pour CB). Outre les données d'ordre géologique : nature du substratum et des formations du régolithe, les calculs se basent également sur des données morphologiques, issues du traitement du MNT : pente, landform et TPI (Topographic Position Index ou indice de position topographique).

### 4.1 Données géologiques

#### 4.1.1 Le substratum géologique

Sur la commune de Boulouparis, on distingue quatre grands ensembles (Illustration 9) :

- Les terrains de la séquence ophiolitique (roches magmatiques) : nappe des péridotites et basaltes de Poya, qui constituent un vaste ensemble couvrant la moitié Est de la commune (55%). La nappe des péridotites correspond au massif du Sud et au massif du Mont Do, associé à sa semelle serpentineuse. Les formations basaltiques de la nappe de Poya s'étendent au pied des massifs ultrabasiques puis vers l'Ouest dans la vallée du village de Boulouparis et la presqu'île de Bouraké.
- La moitié nord-est de la commune est couverte par les schistes de la formation de la Boghen recoupés par des lames serpentineuses.
- Ensemble de formations volcano-sédimentaires formant une large bande littorale orientée NO-SE, qui occupe l'ouest de la commune, entre les terrains de la séquence ophiolitique et le littoral. Cet ensemble est principalement constitué des formations du flysch éocène auquel sont associés des formations du Crétacé supérieur - Paléocène ainsi que les formations de l'unité de Téremba (Trias Jurassique) des îlots de la baie de Saint Vincent.

Les principaux types de roches que l'on peut rencontrer sur la commune de Boulouparis sont décrits en annexe 1 : définitions générales.

#### 4.1.2 Les formations superficielles du régolithe

Un des traits caractéristiques des paysages calédoniens est la présence généralisée d'un couvert d'altération. L'ensemble de ces formations superficielles est désigné par le terme de « régolithe » pour lequel sont typiquement distinguées les formations en place ou autochtones et celles remaniées ou allochtones. Dans le cadre de ces travaux sur l'aléa mouvement de terrain, une attention toute particulière a été portée sur la connaissance et la **cartographie du régolithe** (Illustration 10), donnée essentielle pour la caractérisation de l'aléa. En effet, les phénomènes de mouvement de terrain mobilisent principalement la partie superficielle du profil d'altération, leur connaissance est une donnée fondamentale dans le cadre de la caractérisation des aléas.

- Massifs péridotites : Sur substrat péridotitique, le régolithe regroupe l'ensemble des faciès du profil d'altération, depuis la saprolite rocheuse jusqu'aux cuirassements ferrugineux en place, pour lesquels il n'y a pas ou peu eu de phase de transport

gravitaire hormis des tassements verticaux pour certains horizons latéritiques rouges. Des épaisseurs de l'ordre de la dizaine de mètres sont courantes et des épaisseurs maximales de 40 m sont connues au niveau des plateaux du sud de la Grande Terre.

- Formation volcano-sédimentaire : Le maître mot de l'altération sur le substrat volcano-sédimentaire est l'argilitisation qui affecte également les faciès sédimentaires et volcaniques et conduit à la formation d'un profil peu épais, d'un à quelques mètres tout au plus et exceptionnellement décamétrique pour les épaisseurs les plus importantes.

La carte des formations du régolithe est reclassée selon une typologie à huit classes (Illustration 11) qui permet de discriminer les formations autochtones (FAU) des formations allochtones (FAL) et selon la nature des terrains.

A noter que dans le cas de la commune de Boulouparis, la mise à jour du régolithe sur domaine ultrabasique n'a été réalisée que sur les versants de la bordure SO du domaine ultrabasique. Les versants au NE n'ont pas été mis à jour. Pour intégrer la cartographie différenciée du régolithe à l'échelle communale une analyse spécifique a été déployée. Le détail de l'approche retenue est décrit dans le rapport méthodologique 2023..

## 4.2 Données morphologiques

Les données morphologiques dérivent de la donnée topographique, définie sur le territoire par le MNT (grille de 10 m). La résolution et la précision des résultats sont directement liée à la qualité du MNT source. Pour limiter les incertitudes associées à la qualité du MNT initial, un **traitement spécifique pour les besoins du projet** a été engagé afin de pallier notamment l'insuffisance de précision des thalwegs (non représentés, problème d'encaissement trop faible, réseau non conforme à la réalité) qui sont essentiels pour modéliser notamment l'écoulement des laves-torrentielles et les cônes d'étalement. Néanmoins, le MNT tant par sa résolution que par sa définition est une donnée perfectible qui peut altérer localement les résultats et limite la résolution exploitable.

### 4.2.1 Pentés

Les valeurs de pentes sont calculées à partir de la donnée MNT. Les valeurs sont reclassées en plage de 5° pour les valeurs de pente entre 0 et 50°. Au-delà de 50°, les pentes sont agrégées dans une seule et unique classe (Illustration 12).

### 4.2.2 Indice de position topographique (TPI)

L'Indice de Position Topographique (TPI) est un premier paramètre intégrateur, descriptif des paysages et morphologies. Il est calculé selon la méthode proposée par Jones et al. (2000) et permet de classer le territoire suivant dix types morphologiques (Illustration 13) : zones de crêtes, de vallées, de versants, etc.

### 4.2.3 Landform

Le LANDFORM est un second paramètre intégrateur, descriptif des paysages et des morphologies en termes de pentes, texture et convexité. Il est calculé avec la méthode d'Iwashi et Pike (2007) et permet de classer le territoire selon huit types morphologiques (Illustration 14).

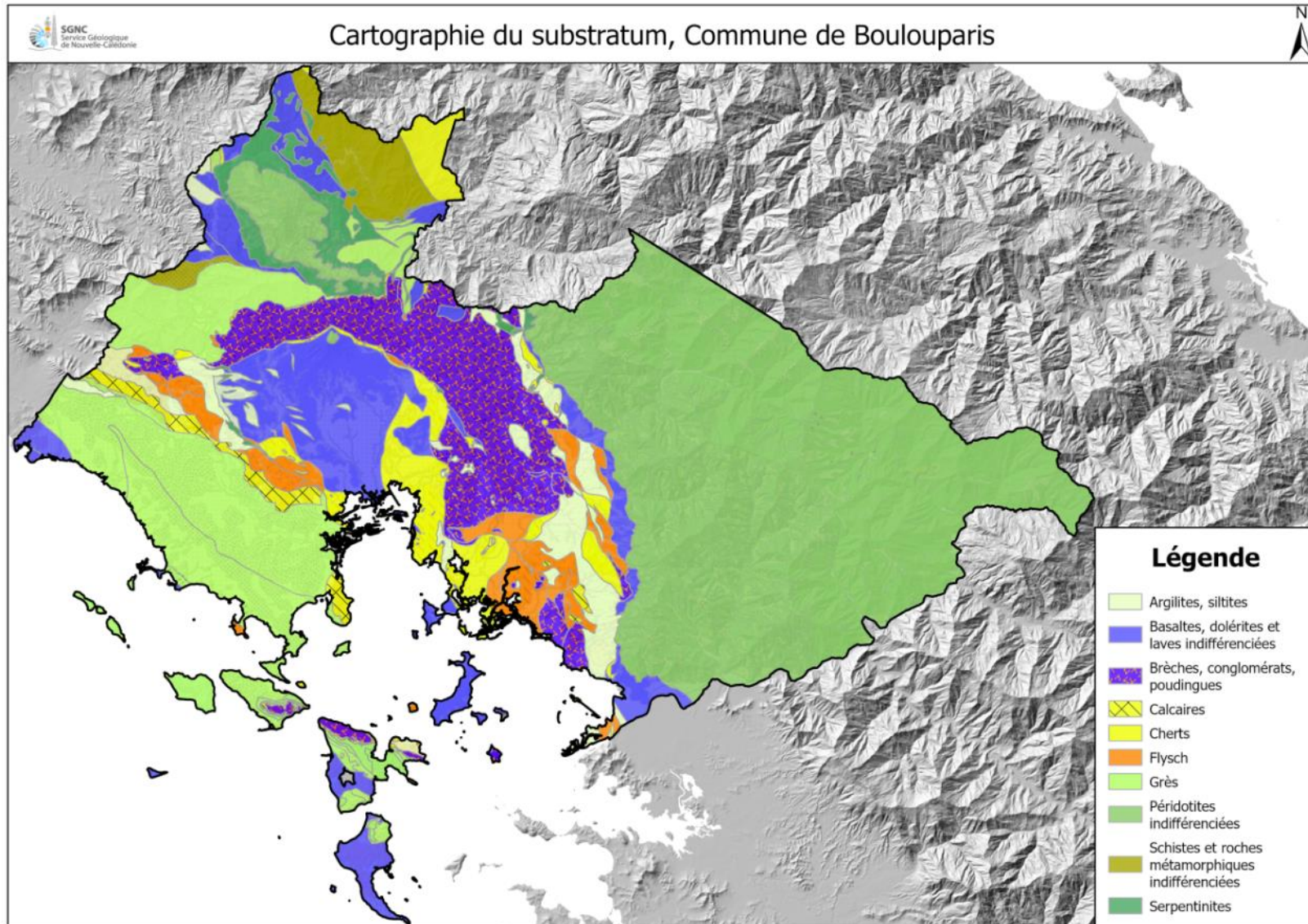


Illustration 9 – Carte du substratum de la commune de Boulouparis



Illustration 10 – Exemple de mise à jour du régolithe

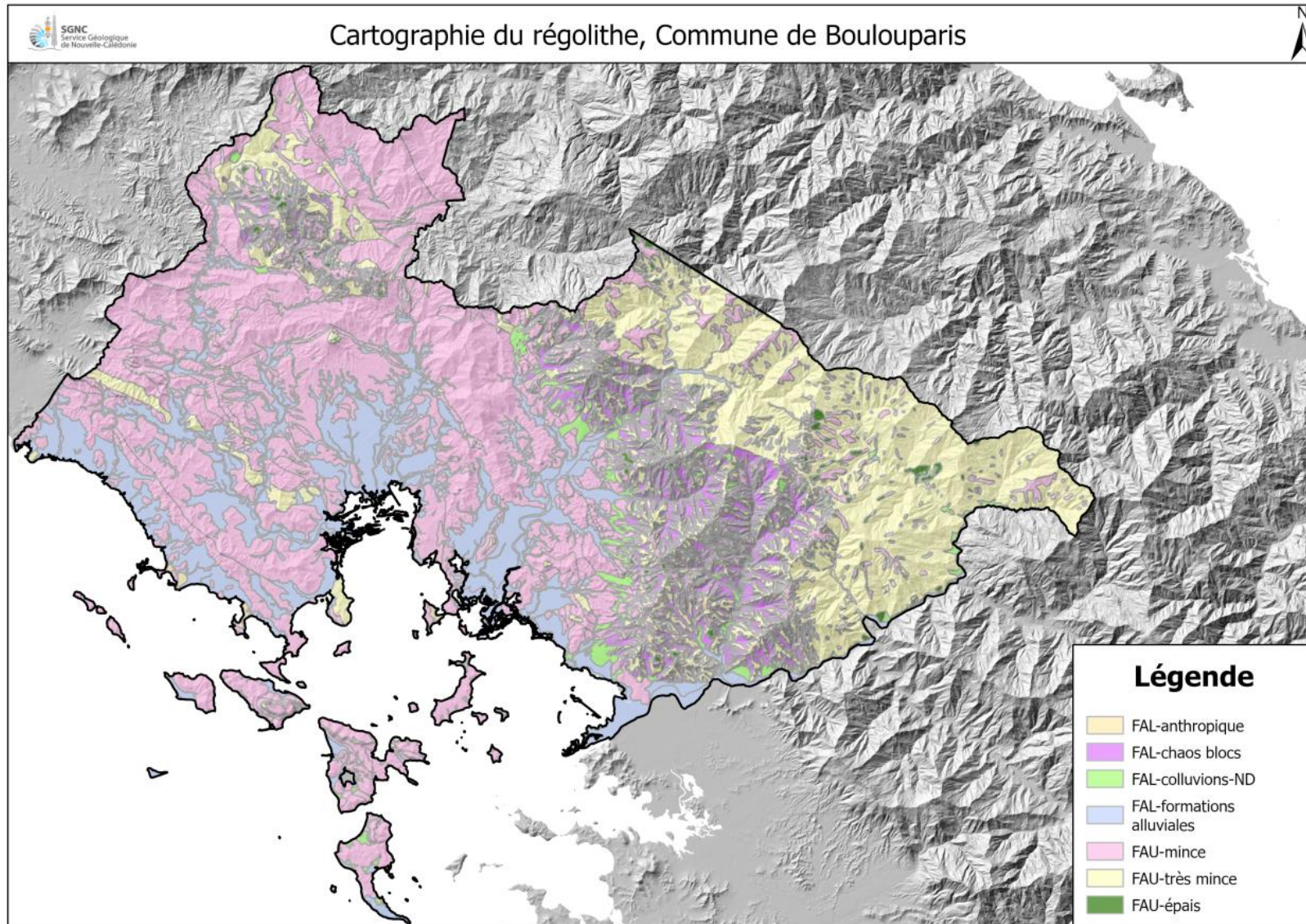


Illustration 11 – Carte du régoélite de la commune de Boulouparis

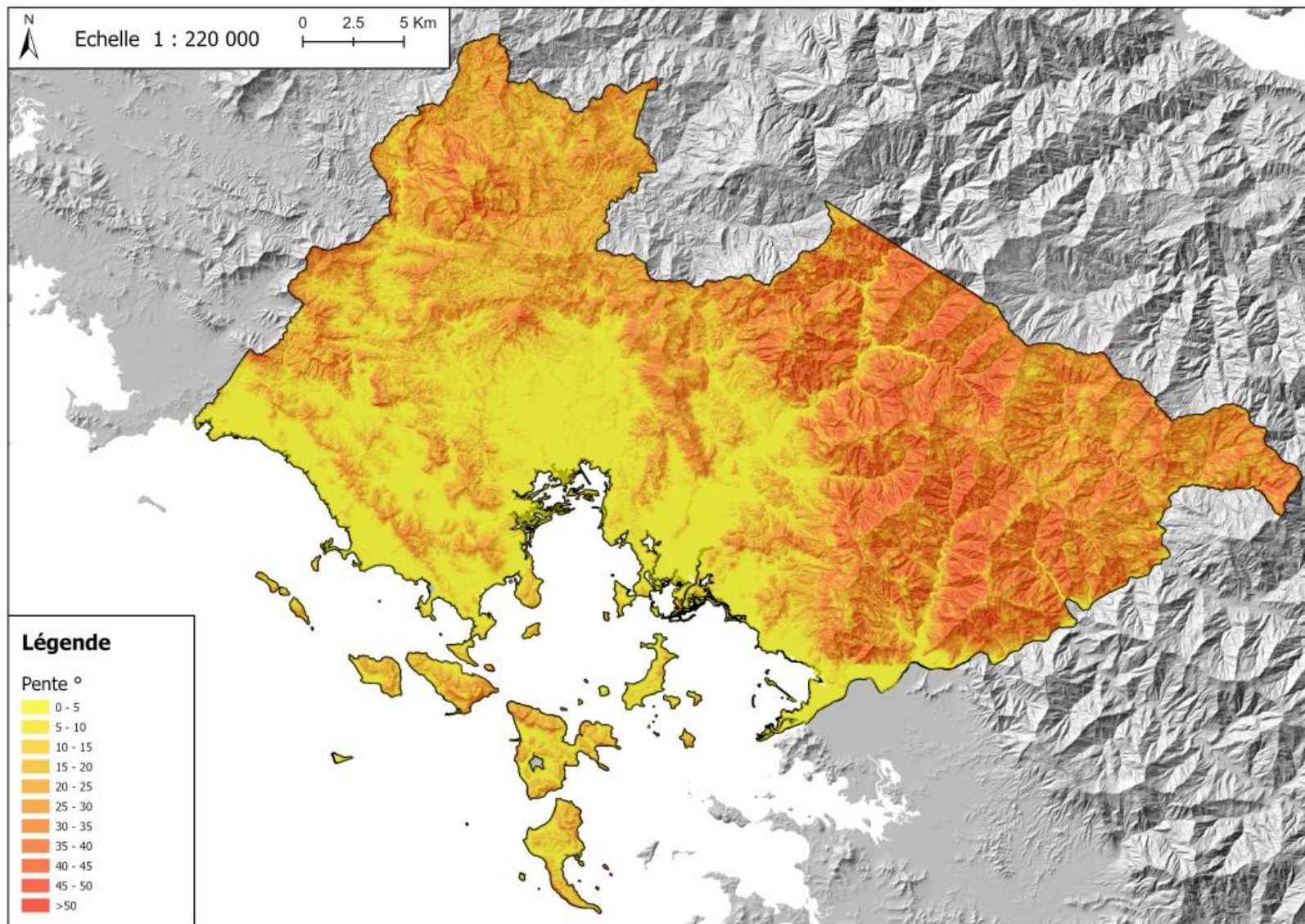


Illustration 12 – Cartographie des classes de pentes sur la commune de Boulouparis

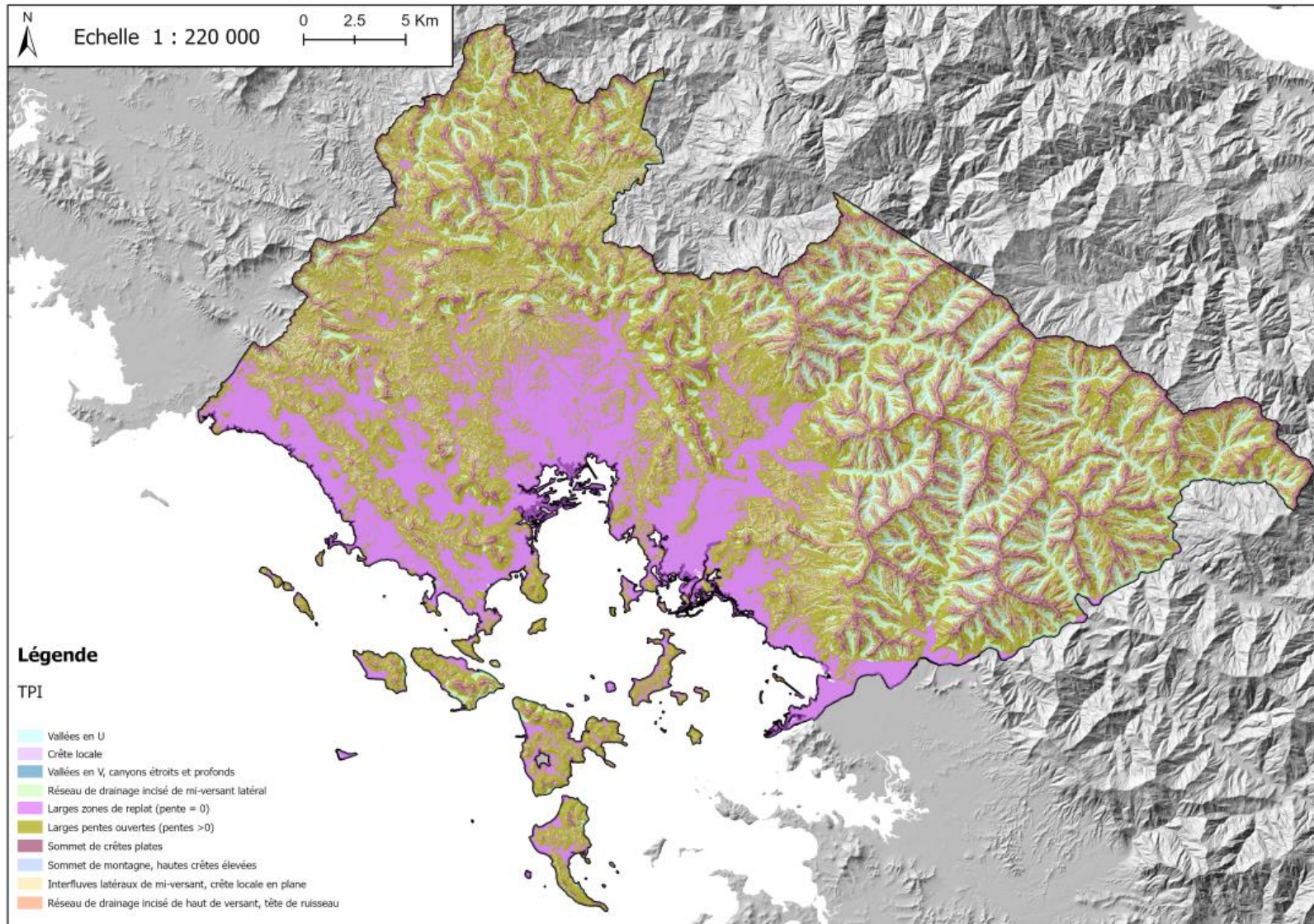


Illustration 13 – Cartographie des classes de paysages (TPI) sur la commune de Boulouparis

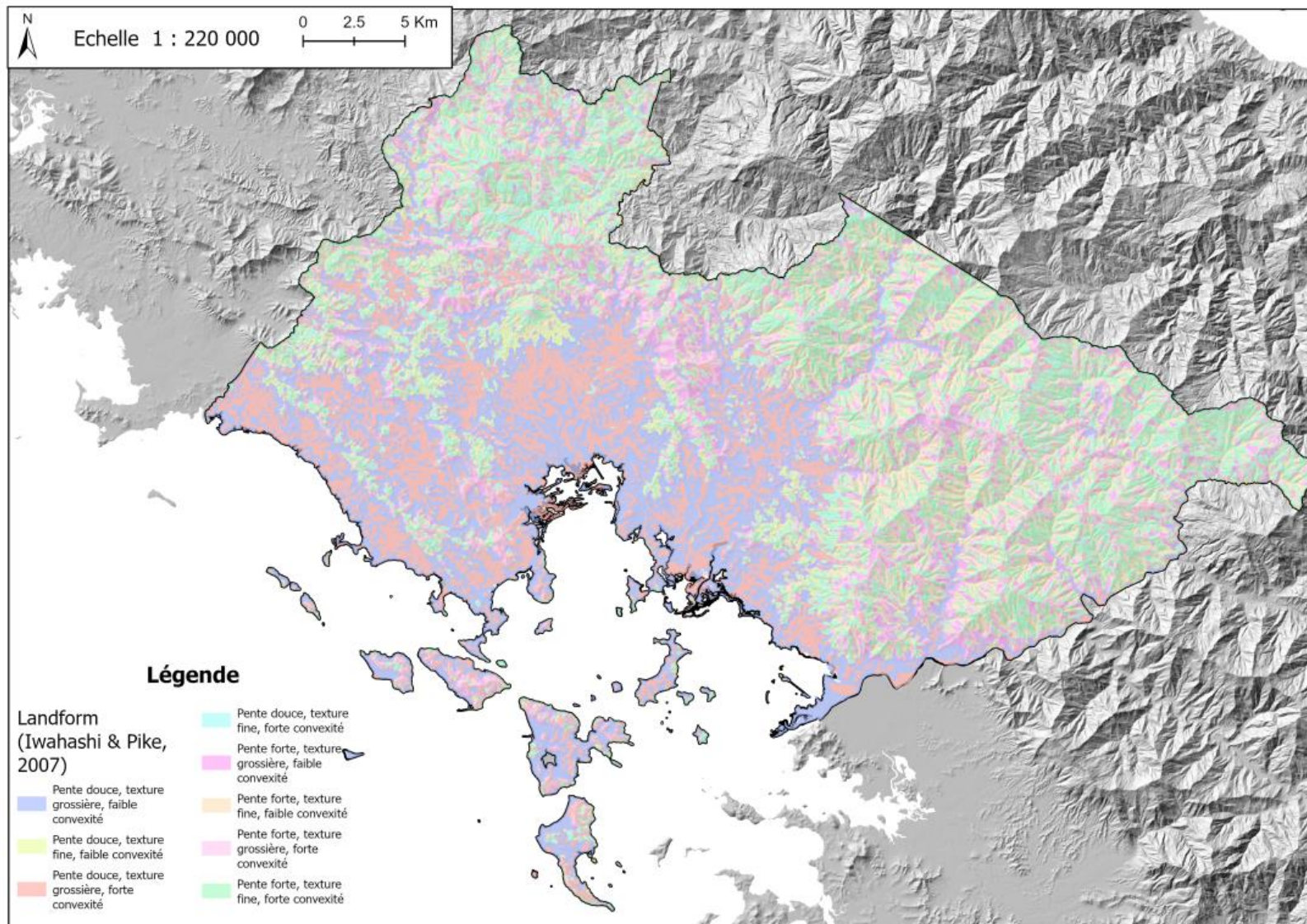


Illustration 14 – Cartographie des classes de paysages (Landform) sur la commune de Boulouparis

## 5 Résultats

### 5.1 Cartographie de l'aléa mouvements de terrain

La carte de l'aléa « mouvement de terrain » est réalisée :

- pour chaque phénomène (CB, GF, GG et LT, respectivement (Illustration 19, Illustration 20, Illustration 21, Illustration 22) afin de conserver l'information la plus pertinente ;
- et en combinant les cartes précédentes, dans une perspective plus opérationnelle, en retenant en tout point du territoire cartographié le niveau d'aléa maximal évalué (Illustration 23).

Cette cartographie de l'aléa « mouvement de terrain » est fournie sous forme d'un atlas au format A3 à l'échelle du 1 :25 000 sur l'ensemble du territoire communal (Annexe 7 – Atlas cartographiques) ainsi que sous forme numérique (système d'information géographique).

Ainsi, 72% du territoire communal est exposé à un aléa mouvement de terrain non négligeable (Illustration 23), et le tiers de la commune (47%) est concerné par un aléa Modéré à Elevé :

- L'aléa élevé concerne essentiellement les versants et les axes de talwegs du massif du des péridotites de la frange Est de la commune. Des niveaux d'aléa élevé sont également associés aux males de serpentinites de la semelle de la nappe des péridotites au contact avec les formations sédimentaires. Ce niveau d'aléa est dû aux laves torrentielles et glissements grossiers. A noter que l'aléa se prolonge en forme de cône dans les axes des talwegs du fait de la propagation des laves torrentielles ;
- L'aléa modéré affecte les pieds de versant des massifs ainsi que les versants sur substratum volcano-sédimentaire par ailleurs sur la frange littorale de la commune ;
- le niveau d'aléa mouvements de terrain est considéré nul à négligeable au sein des larges plaines alluviales de la Ouenghi et du village de Boulouparis.

L'évaluation des aléas les plus élevés est cohérente avec les phénomènes recensés (Illustration 5) :

- Les zones d'aléa chutes de blocs et éboulement (Illustration 19) de niveau modéré couvrent 16% de la commune et sont principalement répartis sur les versants en domaine ultrabasique (péridotites). Compte tenu de l'intensité de phénomène retenue (niveau moyen), il n'est pas carté de zone d'aléa fort pour les chutes de blocs ;
- Les glissements fins de niveau faible et modérés (19%, Illustration 20) concernent essentiellement le substrat volcano-sédimentaire à l'ouest de la commune. Il est à noter que compte tenu de l'intensité des phénomènes retenue pour les GF (niveau moyen) et des probabilités spatio-temporelles calculées, il n'est au final pas carté de zone d'aléa fort pour les GF ;
- Les glissements grossiers de niveau modéré et élevé (38%, Illustration 21) sont particulièrement présents sur les versants du massif du Sud et également au niveau des laves de serpentinites de la semelle des péridotites ;
- Les laves torrentielles de niveau modéré et élevé (19%, Illustration 22) sont particulièrement présentes dans les axes des talwegs sur les versants ultrabasiques.

		GG	GF	LT	CB	ALEA MVT
Aléa (Km <sup>2</sup> )	Nul à négligeable	399.47	536.50	489.22	666.74	244.84
	Très faible	84.65	158.70	109.49	31.76	113.19
	Faible	49.19	87.55	97.21	25.21	96.99
	Modéré	121.63	78.14	108.39	135.98	183.15
	Elevé	205.67	-	56.58	-	222.72
<i>Surface totale soumise à aléa</i>		461.13	324.39	371.67	192.95	616.05
<i>% de la commune soumis à aléa</i>		54%	38%	43%	22%	72%

		GG	GF	LT	CB	ALEA MVT
Aléa (% commune)	Nul à négligeable	46%	62%	57%	78%	28%
	Très faible	10%	18%	13%	4%	13%
	Faible	6%	10%	11%	3%	11%
	Modéré	14%	9%	13%	16%	21%
	Elevé	24%	0%	7%	0%	26%

Illustration 15 – Exposition du territoire communal (km<sup>2</sup> et %) aux différents types de phénomène et niveau d'aléa

## 5.2 Validation des résultats

Afin de juger de la validité des résultats, une rétro-analyse est effectuée sur les phénomènes recensés en distinguant :

- Les enveloppes de rupture des phénomènes ;
- Les enveloppes globales de phénomène (rupture + propagation).

### 5.2.1 Rétro-analyse : aléa de rupture

L'analyse est menée en calculant (Illustration 16) :

- Un taux de reconnaissance, proportion de phénomènes se trouvant au sein de classes de susceptibilité à la rupture « moyenne » à « très forte » ;
- Un taux de non reconnaissance, proportion de phénomènes se trouvant au sein de classes de susceptibilité à la rupture « nulle à négligeable » et « négligeable ».

Type phénomène	GG	GF	LT	GG + GF + LT
nb phénomènes	2585	274	150	3051
nb rupture moyenne à très forte	2404	140	125	2669
nb rupture nul à négligeable et négligeable	3	10	1	14
Taux de reconnaissance	93%	51%	83%	87%
Taux de non-reconnaissance	0,1%	4%	0,3%	0,5%

Illustration 16 – Taux de reconnaissance selon le type de phénomène (rupture)

Le taux de reconnaissance calculé est très élevé (> 80%) pour les glissements grossiers et les laves torrentielles. Il est plus faible (51%) pour les glissements fins en raison de la présence nombreuse d'évènements dans les zones de rupture de susceptibilité faible et très faible qui couvrent des grandes superficies.

Les évènements recensés, mais « non reconnus » sont inférieur à 1% pour les glissements grossiers et les laves torrentielles, valeur très satisfaisante. La valeur de non reconnaissance est plus élevée pour les GF 4%. Ces valeurs plus importantes peuvent s'expliquer par la qualité localement médiocre du modèle numérique de terrain exploité.

## 5.2.2 Rétro-analyse : enveloppes globales

La distribution des emprises des mouvements de terrains recensés dans chaque zone d'aléa final (agrégeant les aléas par phénomène) est évaluée est représentée ci-après (Illustration 17).

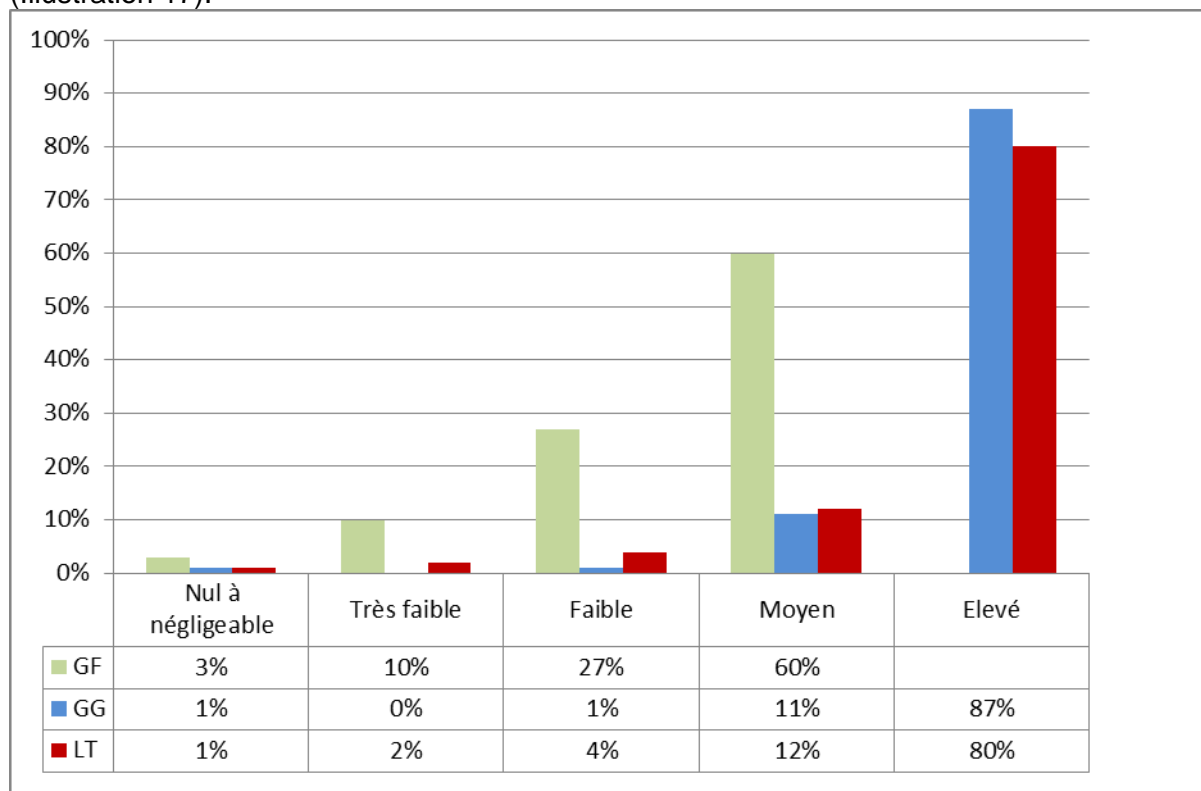


Illustration 17 – Taux de reconnaissance des évènements (rupture et propagation) selon la classe d'aléa finale pour chaque de phénomène

Cette analyse montre un pourcentage de phénomènes reconnus croissant avec le niveau d'aléa. Ainsi, les taux de reconnaissance sont jugés très satisfaisant avec :

- 60% des GF en aléa modéré ;
- 80% des LT en aléa élevé et 12 % en aléa modéré ;
- 87% des GG reconnus qui se retrouvent en zone d'aléa élevé et 11% en aléa modéré.

Néanmoins, 7% des emprises de LT sont cartées en zone d'aléa de niveau « Nul à négligeable » ou « Faible » Ces secteurs ont été visés lors de l'analyse critique du modèle de propagation. Avec la donnée topographique disponible au pas de 10 m, les modèles ne permettent pas d'atteindre complètement ces emprises, même en ajustant excessivement

certaines paramètres. Outre la qualité du modèle numérique de terrain, une autre raison peut expliquer ce constat : en effet, les évènements sont anciens (avant 1976, Illustration 18). La topographie a probablement évolué à cause du phénomène lui-même. Le chenal récepteur de l'écoulement s'est comblé est le dépôt crée désormais un bourrelet qui n'apparait pas sur le MNT utilisé.

Ces zones doivent toutefois être considérées comme potentiellement sensibles en cas d'aménagement et à ce titre l'inventaire historique doit toujours bien être rappelé et considéré (Annexe 6 – Atlas cartographiques : phénomènes de mouvement de terrain).

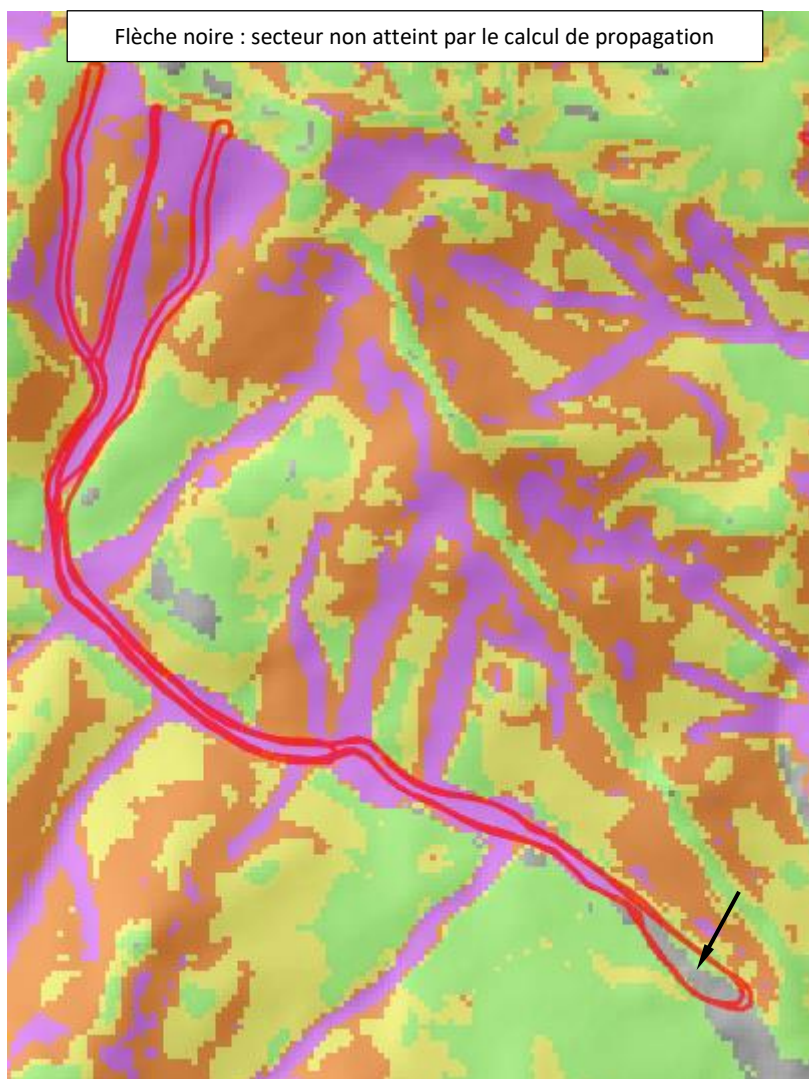


Illustration 18 – Propagation de LT hors emprise de zone soumise théoriquement à aléa

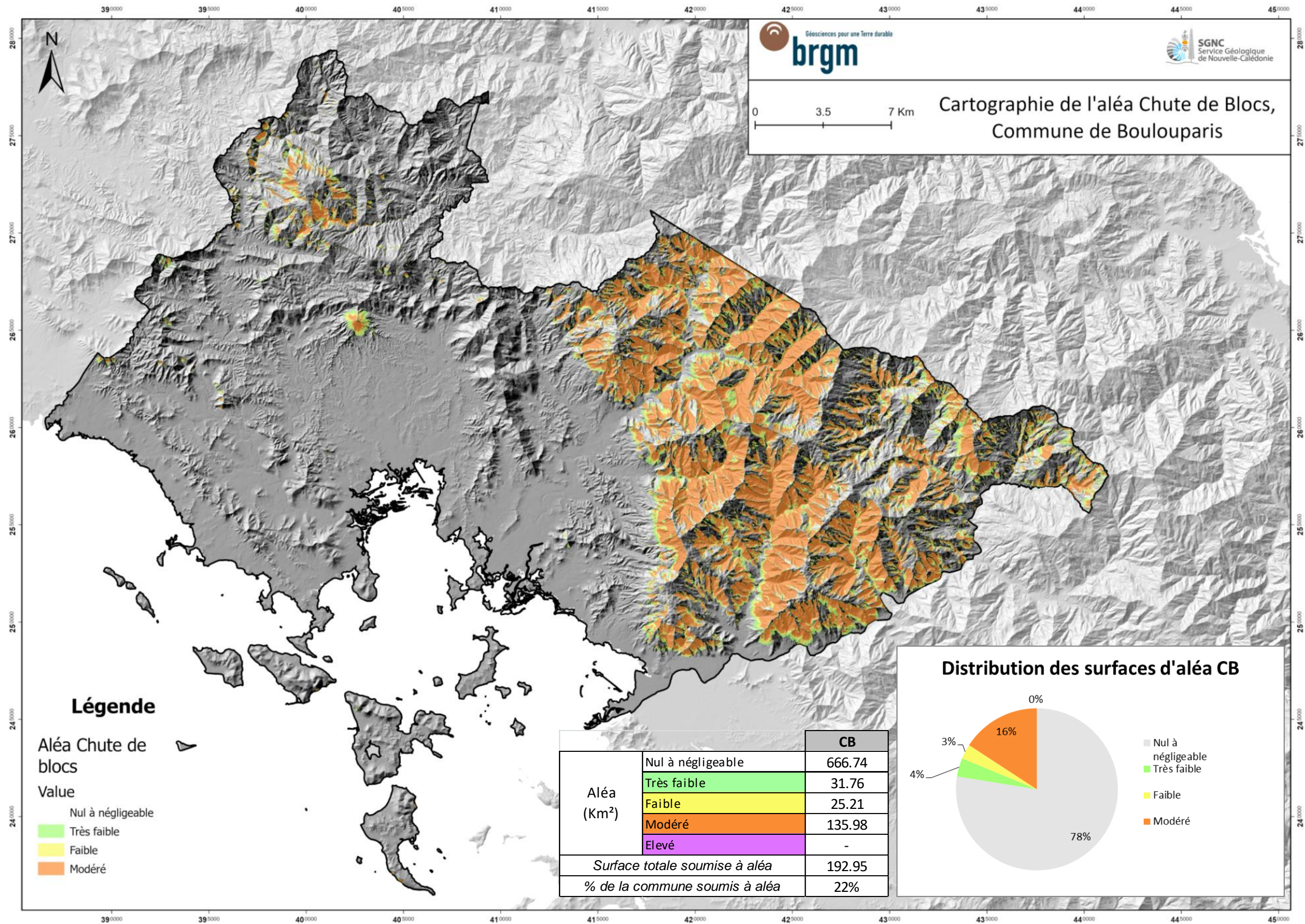


Illustration 19 – Cartographie de l'aléa Chute de Blocs

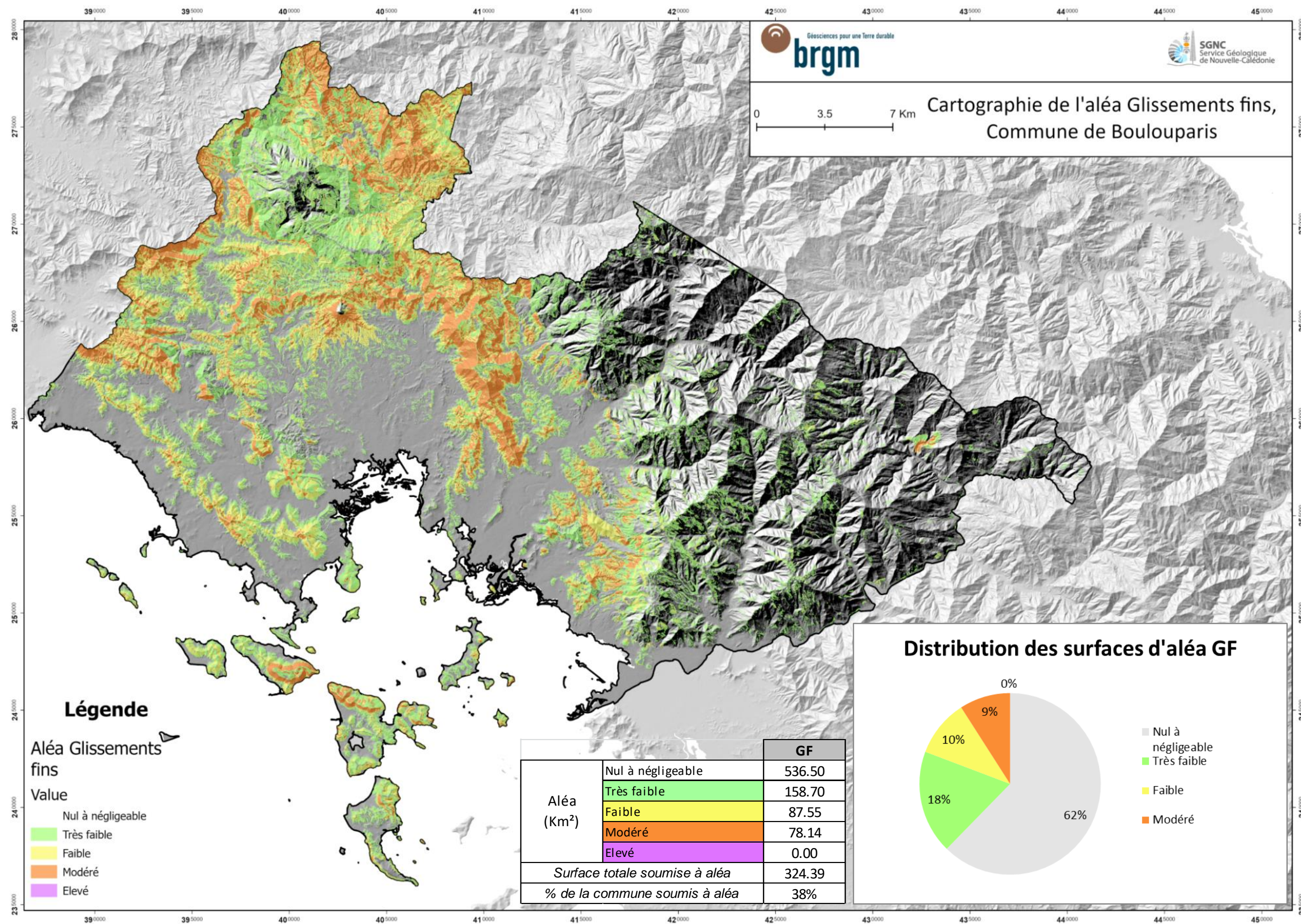


Illustration 20 – Cartographie de l'aléa Glissements Fins

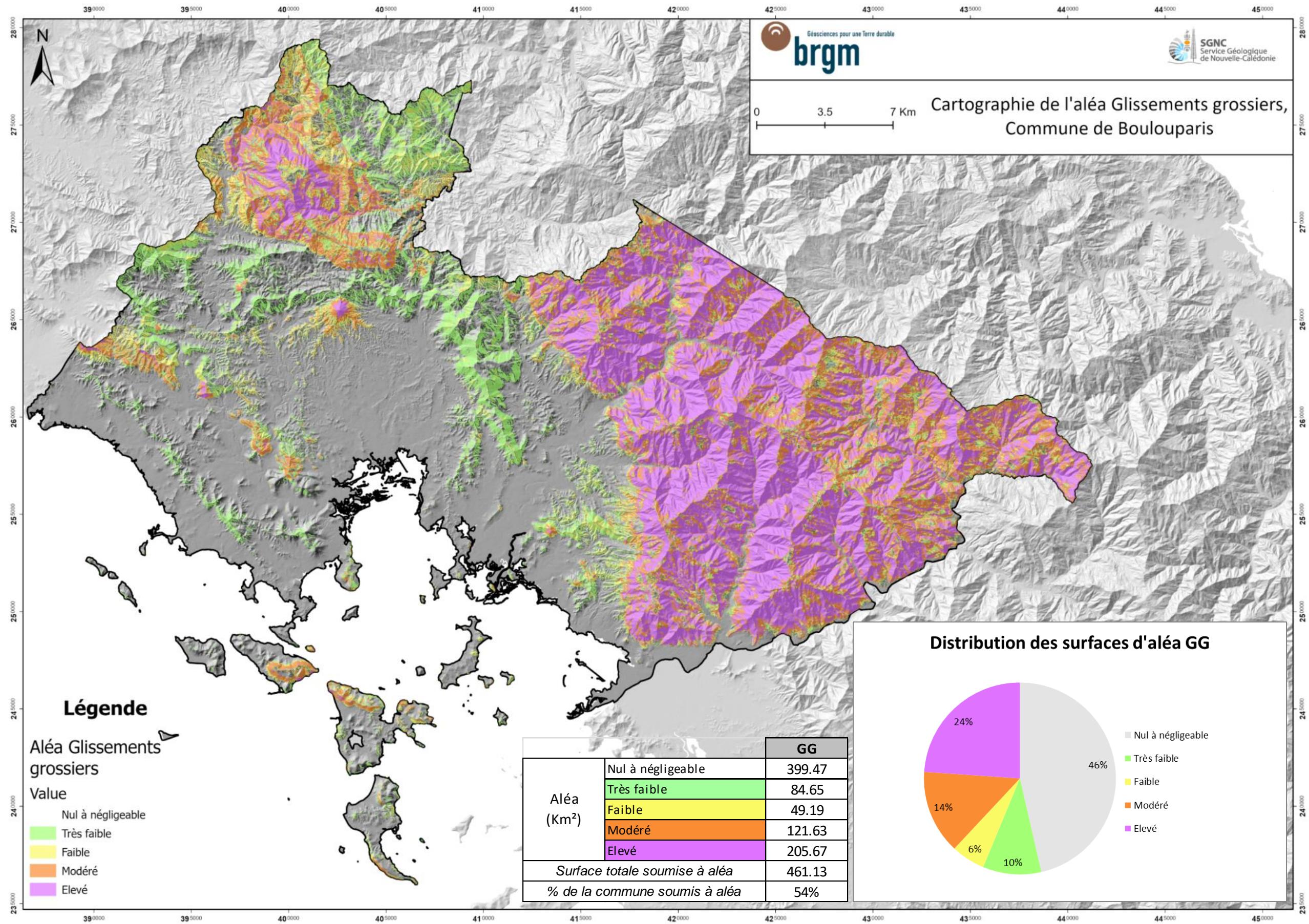


Illustration 21 – Cartographie de l'aléa Glissements Grossiers

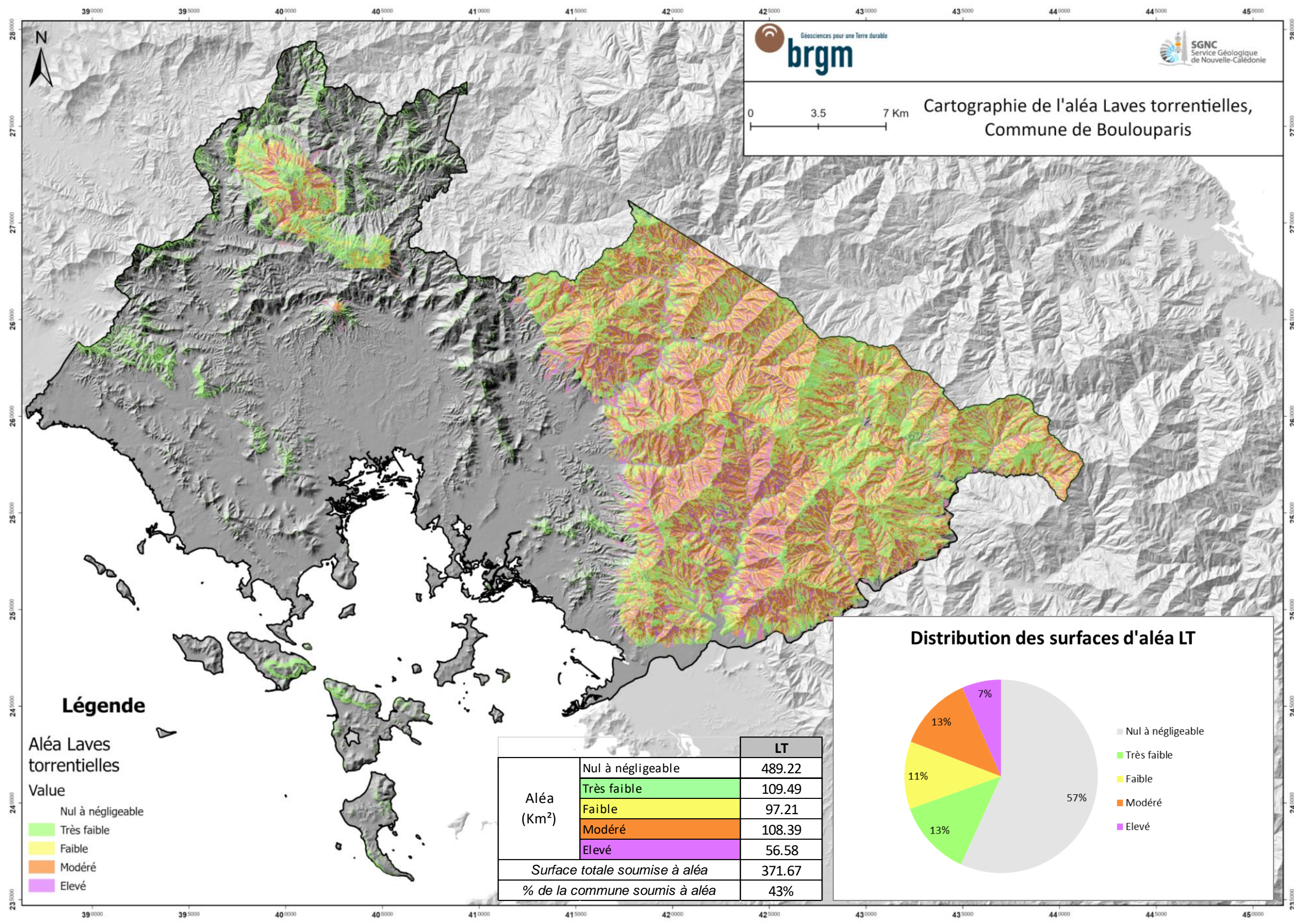


Illustration 22 – Cartographie de l'aléa Laves Torrentielles

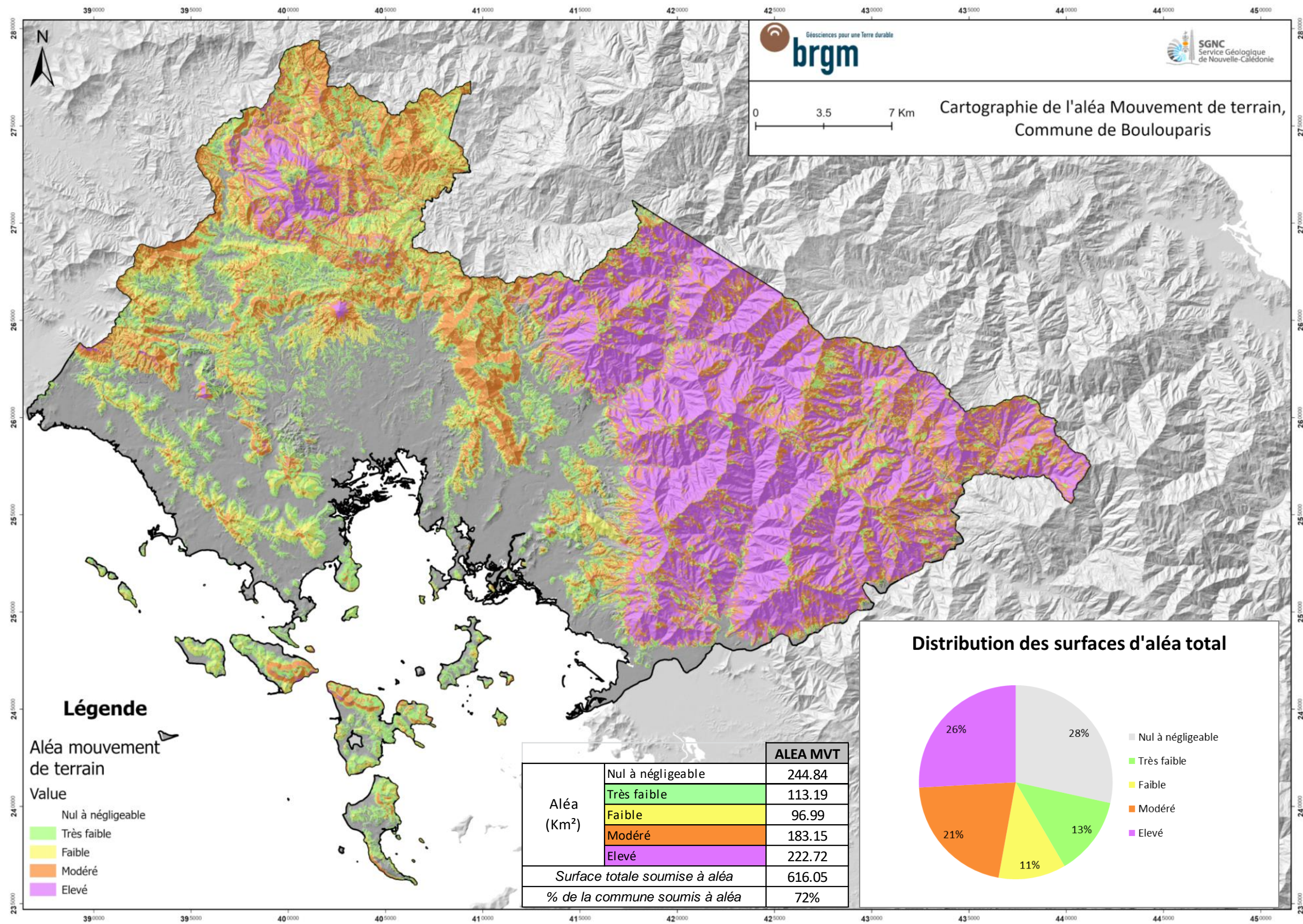


Illustration 23 – Cartographie de l'aléa mouvements de terrain



### 5.3 Enjeux et risques

Au-delà de la caractérisation de l'aléa mouvement de terrain, il convient d'apprécier dans quelle mesure les enjeux communaux sont exposés aux aléas naturels. Afin d'initier une réflexion sur le sujet, il est proposé de dénombrer les bâtiments exposés à l'aléa mouvements de terrain à partir de la base de données topographique de la DITTT. Les bâtiments sont pris dans leur ensemble sans distinction de leur usage (bâtiments publics, privés, habitations, techniques, industriels etc.) ni de leur taille. Il s'agit ici de fournir un ordre de grandeur de la proportion d'enjeux concernés.

Au final, environ 0,7% des bâtiments (soit 64 bâtiments) est concerné par un niveau d'aléa qualifié d'élevé à modéré, tous phénomènes confondus. Cette estimation est à rapprocher des 47% du territoire communal exposé à un niveau d'aléa au moins modéré. Autrement dit, l'implantation actuelle des constructions a préférentiellement évité les versants les plus exposés aux instabilités.

Niveau d'aléa	Nombre de bâtiment	Pourcentage du parc bati
Elevé	25	0.3%
Modéré	39	0.4%
Faible	173	2%
Très faible	1 222	14%
Négligeable	7 381	83%
Total	8 840	100%

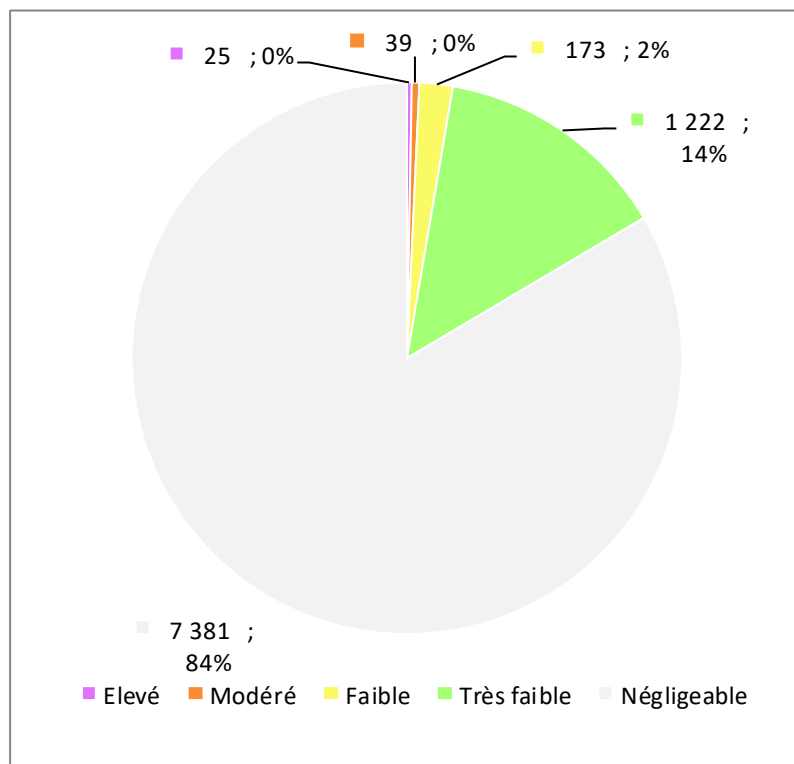


Illustration 24 – Exposition des constructions à l'aléa mouvements de terrain sur la commune de Boulouparis



## 6 Conclusion et perspectives

La cartographie de l'aléa mouvement de terrain à l'échelle du 1 :25 000<sup>ème</sup> menée sur la commune de Boulouparis s'inscrit dans le cadre d'un programme pluriannuel portant sur quinze communes de Nouvelle-Calédonie. Cette démarche contribue également à la politique publique de gestion des risques du gouvernement de Nouvelle-Calédonie.

La méthode déployée est décrite de manière approfondie dans un rapport méthodologique distinct. La cartographie proposée par type de phénomène permet une approche homogène sur l'ensemble du territoire communal en distinguant rupture et propagation et en développant une approche pseudo-quantifiée.

Outre une méthode conforme aux meilleures pratiques, ce travail a bénéficié :

- d'un effort important de cartographie des formations superficielles (régolithe) et
- d'un inventaire particulièrement conséquent des phénomènes d'instabilité recensés et décrits suivant leur type :
  - GF : Glissement dans matériaux fins (274 évènements, 9% des cas)
  - GG : Glissement dans matériaux grossiers (2585 évènements, 85%)
  - COUL : Coulée sur anciennes décharges minières (15 évènements, 0,5%)
  - LT : Lave-torrentielle (150 évènements, 5%)
  - CB : Chute de blocs (11 évènements, <0.5%).

Deux tiers (64%) des phénomènes sont datés d'avant 1976. Un tiers (34%) des évènements sont identifiés entre 1976 et 2008.

Ces données permettent d'élaborer des cartes d'aléa pour chacun des phénomènes identifiés. Ces cartes définissent à l'échelle de la commune la possibilité de survenance du phénomène dans le futur.

Au final une carte d'aléa « Mouvement de terrain » est produite en agrégeant les cartes d'aléa par phénomène. La synthèse des résultats à l'échelle communale montre que la commune est concernée par l'aléa mouvement de terrain sur 72% de son territoire, les niveaux d'aléa élevé et modéré couvrant respectivement 26 % et 21% de la commune.

Pour autant, moins 1% du bâti (0,7% soit 64 bâtiments) est concerné par un niveau d'aléa qualifié d'élevé à modéré, tous phénomènes confondus. Autrement dit, l'implantation actuelle des constructions a préférentiellement évité les versants les plus exposés aux instabilités. Le développement des zones d'habitation ayant bénéficié de la place disponible offerte par les larges zones de plaine alluviale et du littoral.

Ce programme de cartographie de l'aléa « mouvements de terrain » est la première étape d'une politique publique de gestion des risques : 1) Connaissance de l'aléa, du risque du territoire. Il permet en outre d'alimenter les autres piliers de la prévention (Illustration 25), notamment :

- L'information préventive et l'éducation des citoyens (3), grâce au Dossier sur les Risques Majeurs (DRM), au Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM) ou à la diffusion des résultats ;
- La prise en connaissance des risques dans l'aménagement (4) au travers par exemple d'un porté à connaissances ou de schéma d'aménagements (dont PUD) ;
- La réduction de la vulnérabilité (5) ;
- La préparation de l'organisation des secours (6) avec le Schéma Directeur d'analyse et de couverture des risques (SDACR) et les Plans Communaux de Sauvegarde (PCS).
- Enfin, la prise en compte du retour d'expérience (7) alimentera nos bases de données et affinera notre démarche.

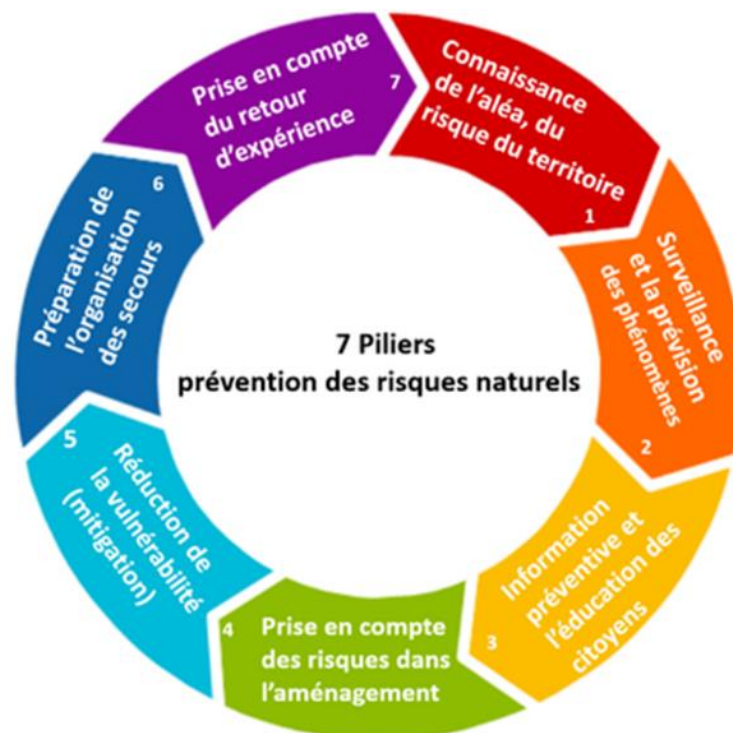


Illustration 25 – Les 7 piliers de la prévention des risques naturels, au service de la Politique Publique de Gestion des Risques (PPGR) en Nouvelle-Calédonie

## 7 Bibliographie

### 7.1 Guides

Ministère de l'Aménagement, du Territoire et de l'Environnement, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement (1997) – Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR) – Guide général. *Edit. La Documentation Française, Paris.*

Ministère de l'Aménagement, du Territoire et de l'Environnement, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement (1999) – Plans de prévention des risques naturels (PPR) – Risques de mouvements de terrain – Guide méthodologique. *Edit. La Documentation Française, Paris.*

Projet national C2ROP. Glossaire du risque rocheux. Cerema, (2020). Collection : Références. ISBN : 978-2-37180-452-4

### 7.2 Rapports

Maurizot P., Rouet I., Robineau P., Allenbach M. Parisot J-C. (2007). Mécanismes fondamentaux des mouvements de terrain dans les massifs ultra-basiques en Nouvelle Calédonie. BRGM/RP-55041-FR.

Maurizot P., Lafoy Y. (2003). L'aléa naturel mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie – Synthèse des connaissances (2003). BRGM/RP-52213-FR

### 7.3 Documents académiques

Horton P, Jaboyedoff M, Rudaz B and Zimmermann M: Flow-R (2013). A model for susceptibility mapping of debris flows and other gravitational hazards at a regional scale. *Natural Hazards Earth System Sciences*, 13, 869-885, doi:10.5194/nhess-13-869-2013

Iwahashi, J. and R. J. Pike (2007). "Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature." *Geomorphology* 86(3-4): 409-440.

Varnes D.J. (1984) – Landslide hazards and zonation: a review of principles and practice.



## 8 Annexes

### 8.1 Annexe 1 – Lexique des termes utilisés

#### **GEOLOGIE**

##### **SUBSRATUM ROCHEUX**

##### **ROCHES MAGMATIQUES**

**PERIDOTITE** : La péridotite est une roche magmatique qui constitue la majeure partie du manteau supérieur. De nature ultrabasique (pauvre en silice) et grenue, elle se compose essentiellement d'olivines, de pyroxène et de serpentine. Il existe plusieurs types de péridotites en fonction de leur teneur en olivine et en pyroxènes : dunite, wehrlite, harzburgite et lherzolite. En Nouvelle-Calédonie, par l'action de l'altération météoritique, un profil d'altération parfois très épais s'est développé sur cette formation (terres rouges).

**BASALTE** : Le basalte est une roche magmatique volcanique issue d'un magma refroidi rapidement et caractérisée par sa composition minéralogique : plagioclases (50 %), pyroxènes (25 à 40 %), olivine (10 à 25 %), et de 2 à 3 % de magnétite. Il a une origine volcanique et est un des constituants principaux de la croûte océanique.

##### **ROCHES METAMORPHIQUES**

**SERPENTINITE** : La serpentinite est une roche métamorphique. Elle tire son nom de son aspect semblable à celui d'écailles et provoque une sensation au toucher qui a pu faire penser à la peau d'un serpent. Elle ne doit pas être confondue avec la serpentine, qui est un nom général pour plusieurs espèces minérales. Cette roche apparaît en filons, en petites lentilles ou en masses importantes (semelle des péridotites).

##### **ROCHES SEDIMENTAIRES**

**GRES** : Le grès est une roche sédimentaire détritique, issue de l'agrégation de grains de taille majoritairement sableuse et consolidé lors de la diagenèse. Issues de l'érosion des roches qui déterminent en grande partie sa composition, les grains sont principalement du quartz cimenté par de la silice, de la calcite, de l'oxyde de fer ou de l'argile. Selon le degré de cimentation, de sa composition et de son altération, il peut s'agir d'une roche très friable ou au contraire très dure. Il se rencontre dans une grande variété de milieux de dépôt depuis le domaine continental (rivière, plage) au domaine marin (turbidites). Non consolidé, son équivalent est le sable.

**SILTITE** : Une siltite est une roche sédimentaire détritique consolidée, de granulométrie intermédiaire entre un grès (plus grossier) et une argilite. Elle est composée au 2/3 de limon (grains dont la taille se situe entre les argiles et les sables). Elle se différencie du grès en raison des pores plus petits et d'une plus grande proportion de fraction d'argile. D'un point de vue minéralogique, elle se compose de quartz, feldspaths de minéraux argileux (micas) et avec des carbonates ou oxydes de fer.

**ARGILITE** : Une argilite est une forme de roche sédimentaire détritique, argileuse indurée, à grain fin (<2microns) très peu perméable. Elles résultent de la consolidation de micro feuillets d'argile parallèles et/ou de boue argileuse fine. Elles sont composées de micas, quartz et d'argile, mais le grain de cette roche est si fin qu'elle semble homogène. C'est une roche tendre et légèrement « grasse » au toucher.

**CHERT** : Un chert, ou phtanite (terme anciennement utilisé en NC) ou une chaille (terme français moins utilisé), est une roche sédimentaire siliceuse.

**CALCAIRE** : Le calcaire est une roche sédimentaire qui se forme essentiellement en milieu marin, par accumulation des débris de coquilles et coraux. A la mort de ces animaux, les coquilles s'accumulent sur le fond marin formant des boues carbonatées. Elles se transforment en roche calcaire grâce à la pression et au temps. Néanmoins, les coquilles calcaires peuvent se dissoudre, et ce, d'autant plus facilement quand la température de l'eau est froide et la pression élevée. Ces conditions, expliquent que le calcaire se forme essentiellement dans des eaux chaudes et peu profondes, comme les lagons ou les lagunes.

**FLYSCH** : Formation sédimentaire détritique, souvent épaisse, constituée par des alternances répétées de grès plus ou moins grossier et d'argile plus ou moins schisteuse, provenant de l'érosion de chaînes de montagne en cours de surrection.

### **FORMATIONS DU REGOLITHE**

Le régolithe (également écrit régolite) (du grec ancien : ῥήγος/rhêgos, signifiant couverture et λίθος/lithos, signifiant roche) est en pédologie la partie du sol recouvrant la roche-mère, qui peut contenir du matériel meuble, comme de la poussière ou de la terre, et des roches saines. Le régolithe peut être autochtone s'il provient de l'altération des roches en présence (altérite) ou allochtone lorsqu'il est amené par un processus quelconque (comme les alluvions ou le démantèlement de versant).

Les formations allochtones sont les sédiments fluviatiles, lacustres, côtiers, glaciaires, ou éoliens, les éboulis, les colluvions et les formations de pente.

Les formations autochtones sont les profils d'altération formés in situ sur tous types de roches. Les « altérites » formées dans ces profils sont des roches dont la genèse ou les propriétés actuelles résultent de processus d'altération supergène, quel qu'en soit l'âge. À ce titre, on peut dire que le régolithe est formé par interaction de la géosphère avec l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère.

### **FORMATIONS AUTOCHTONES (FAU)**

**ALTERITE** : Une altérite est une formation géologique (généralement meuble) superficielle, formée in situ, résultant de l'altération physico-chimique de roches antérieures sans transformations pédologiques notables. Les processus d'altération conduisent à la formation de sables, de limons et d'argiles d'altération.

**CUIRASSE** : La cuirasse, en pédologie, est une croûte superficielle, pouvant avoir plusieurs mètres d'épaisseur, elle est fortement durcie à la suite de la précipitation d'hydroxydes de fer et d'alumine. Elle se forme principalement dans les régions de climat intertropical présentant une alternance de saisons, mais surtout à saisons sèches nettement marquées. La cuirasse joue donc, vis à vis de l'érosion, un rôle protecteur.

**LATERITE** : La latérite (du latin later, brique) est une roche rouge ou brune, qui se forme par altération des roches sous les climats tropicaux. Au sens large, elle désigne l'ensemble des matériaux, meubles ou indurés, riches en hydroxydes de fer ou en hydroxyde d'aluminium, qui constituent les sols, les horizons superficiels et les horizons profonds de profil d'altération. On trouve des latérites surtout en milieu intertropical.

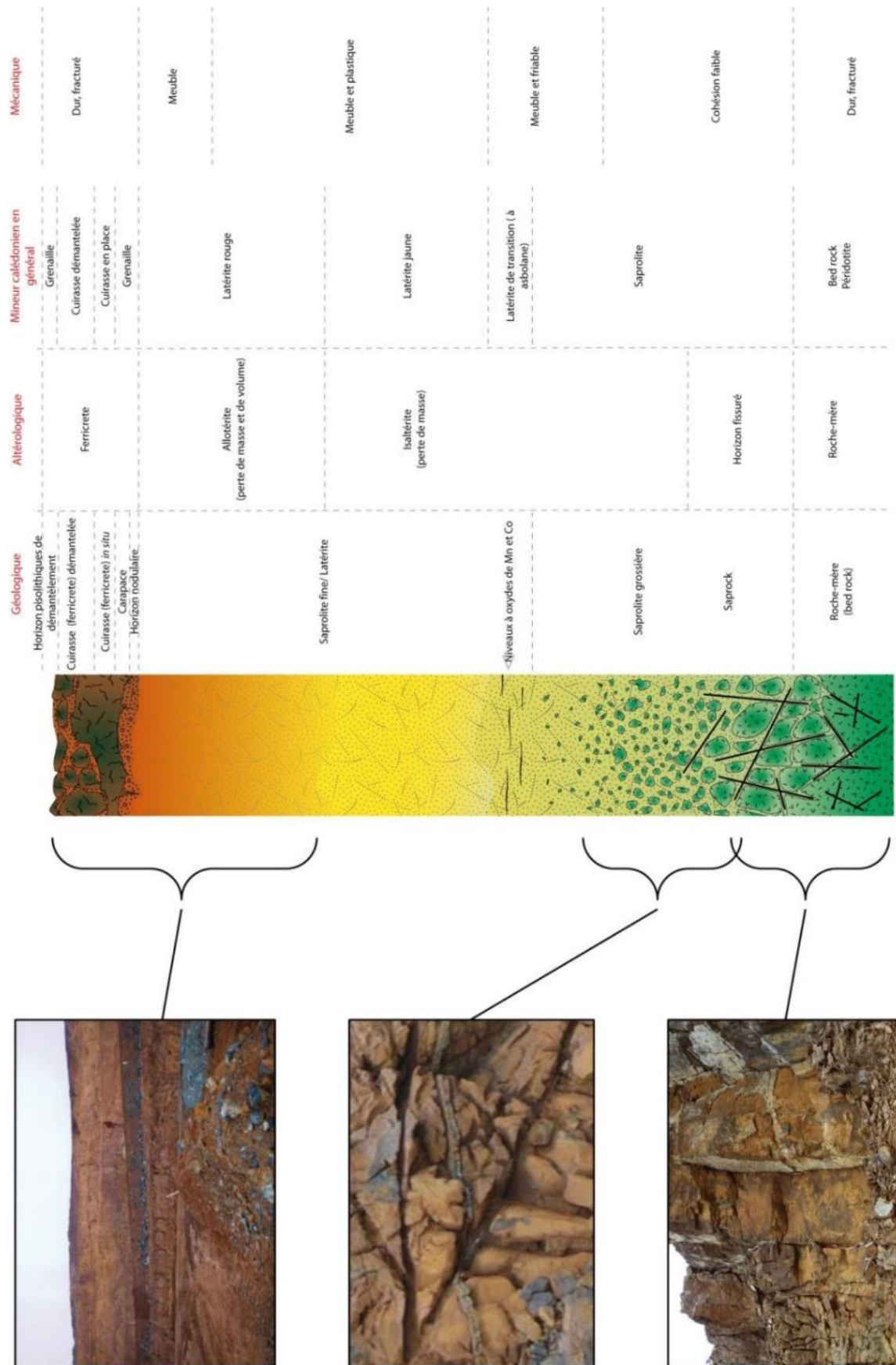
**SAPROLITE** : Une saprolite (du grec ancien sapos, décomposé) est une roche généralement meuble à dominante argileuse. Formant une couche géologique, surmontant dans des coupes de sol profondes la roche-mère, cette altérite résulte de l'altération chimique d'une roche-mère, due à l'action du climat, de l'eau ou l'action hydro-thermale, sans avoir été transportée. Elle est friable et présente les structures de la roche d'origine et de nouvelles structures.

### FORMATIONS ALLOCHTONES (FAL)

**ALLUVIONS** : Une alluvion consiste en un dépôt sédimentaire émergé, constitué par des matériaux solides non consolidés, transportés et déposés par les eaux courantes. Les alluvions qualifient les regroupements de cailloux, graviers, galets, sables ou limons. Les dépôts alluviaux se réalisent lorsque le débit devient insuffisant pour transporter la matière. Les alluvions peuvent se déposer dans le lit du cours d'eau ou dans les estuaires marins et s'accumuler au point de rupture de pente.

**COLLUVIONS** : Une colluvion ou un dépôt de pente est un dépôt meuble sur un versant, mis en place par gravité. Le terme s'emploie presque toujours au pluriel. Les colluvions reflètent la lithologie du haut du versant. Elles nappent, sur le bas du versant, la roche en place. Les éléments ont subi un faible transport, à la différence des alluvions.

**EBOULIS** : Un éboulis, parfois appelé pierrier, résulte de la chute de fragments rocheux déplacés pierre par pierre par gravité et dont l'accumulation se fait à la base de pentes rocheuses montagneuses, typiquement des falaises, dont ils se sont détachés. Liés à différents facteurs comme l'érosion ou les conditions météorologiques, ces dépôts tapissent ainsi souvent le pied des versants ou des abrupts rocheux. Une éboulisation (chute de pierres) est la formation d'un éboulis. Les géomorphologues distinguent les processus selon le volume détaché : l'éboulisation est un détachement de quelques blocs (volume < 1 m<sup>3</sup>), l'éboulement comprend un volume entre 1 et 100 m<sup>3</sup> et l'éroulement implique des volumes supérieurs à 100 m<sup>3</sup>.

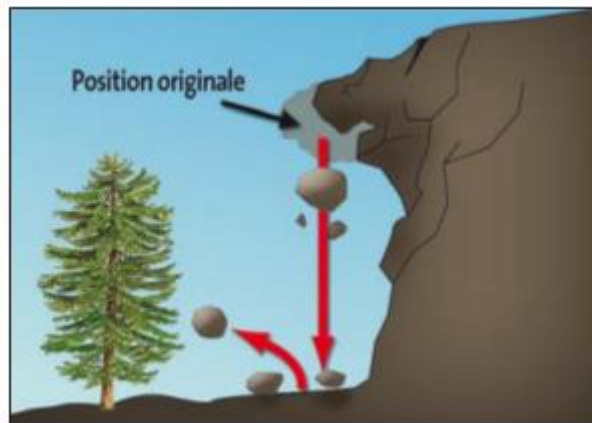


Profil d'altération en contexte de massif ultrabasique

## MOUVEMENTS DE TERRAIN

### CHUTES DE BLOCS

Ce sont des mouvements rapides, discontinus et brutaux résultant de l'action de la pesanteur et affectant des matériaux rigides et fracturés tels que calcaires, grès, roches cristallines, etc. Ces chutes sont caractérisées par une zone de départ, une zone de propagation et une zone d'épandage. Les blocs décrochés suivent généralement la ligne de plus grande pente. Les distances parcourues sont fonction de la position de la zone de départ dans le versant, de la pente du versant, de la taille, de la forme et du volume des blocs éboulés, de la nature de la couverture superficielle, de la végétation...

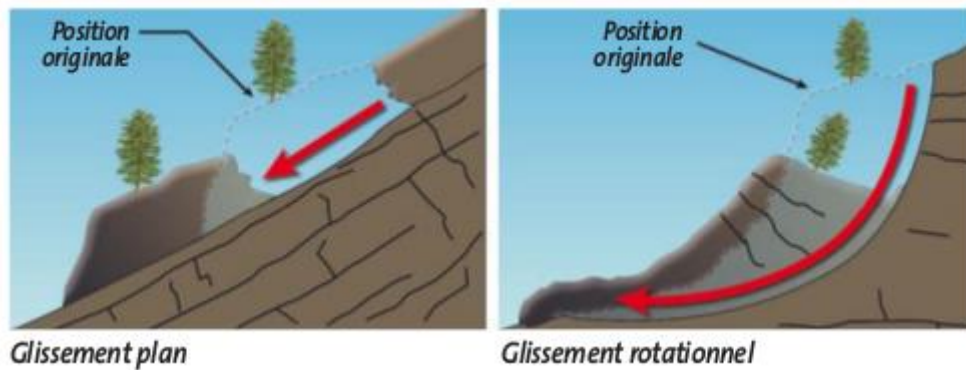


### GLISSEMENTS DE TERRAIN

Un glissement de terrain correspond à un déplacement généralement lent (de quelques millimètres par an à quelques mètres par jour) sur une pente, le long d'une surface de rupture dite surface de cisaillement, d'une masse de terrain cohérente, de volume et d'épaisseur variables : quelques mètres cubes dans le cas du simple glissement de talus ponctuel à quelques millions de mètres cubes dans le cas d'un mouvement de grande ampleur pouvant concerner l'ensemble d'un versant.

Trois types de glissement sont distingués en fonction de la géométrie de la surface de rupture :

- glissement plan ou translationnel, le long d'une surface plane ;
- glissement circulaire ou rotationnel, le long d'une surface convexe ;
- glissement quelconque ou composite lorsque la surface de rupture est un mélange des deux types.



Dans le cadre de cette étude, la distinction est faite entre glissements fins et glissements grossiers sans distinction du mécanisme plan ou rotationnel :

### GLISSEMENTS GROSSIERS

Ces phénomènes affectent des matériaux qualifiés de « grossiers », c'est-à-dire composés de matériaux graveleux dominants, à faible cohésion. On parle aussi de « glissement de débris ». Sont clairement distinguées une zone de rupture et une zone de propagation qui consiste fréquemment en un étalement de la masse glissée. Les formations affectées sont principalement celle des massifs de péridotites.

### GLISSEMENTS FINS

Les phénomènes qualifiés de « glissement fin » affectent les matériaux à granulométrie plus fine que les glissements grossiers décrits précédemment. Il s'agit de glissements translationnels ou rotationnels pouvant ou non évoluer en coulées.

### LAVES TORRENTIELLES

Une lave torrentielle est un phénomène géologique en situation de relief, notamment de montagne. Son déclenchement est lié à des précipitations météorologiques violentes, soudaines et concentrées. La déstabilisation à une altitude élevée d'éléments solides dans une pente déclenche par les dévalements une importante accumulation d'énergie cinétique qui initie des vagues destructives impossibles à arrêter, érodant berges et zones de passage très rapidement et brutalement. Ces mélanges d'eau, de sédiments fins, d'éléments rocheux, de blocs parfois énormes, d'arbres, de graviers se déplacent à très grande vitesse.

On observe un consensus pour différencier une coulée de boue d'une lave torrentielle : la première se déclenche en pleine pente sans forcément l'existence préalable d'un chenal (ravine, talweg, torrent, ou autre élément du système hydrographique), alors que la seconde y est liée entièrement.

Ce type de phénomène est particulièrement dévastateur.



**Lave torrentielle Houailou décembre 2011 (photo SGNC)**

## 8.2 Annexe 2 – Indicateurs morphométriques des évènements

Pour chaque mouvement, différents indicateurs géométriques et morphologiques ont été calculés (surface, pente...), les distributions des pentes et des surfaces des enveloppes de propagation, par type de phénomène considéré (. Du point de vue des géométries, on note :

- Le nombre d'évènements répertoriés selon les surfaces croissantes montre une diminution globale pour les GG et les GF, dans une moindre mesure pour les LT. Cette décroissance du nombre d'évènements selon la surface (qui représente l'ampleur du phénomène) est cohérente avec les observations menées lors d'inventaires larges : les évènements de plus grande surface (i.e. de volume ou d'ampleur plus grande) sont moins fréquents que les évènements de faible surface. Cette distribution conforte la qualité de l'inventaire qui ne « néglige » pas les évènements de faible ampleur (à la résolution du projet, échelle 1 :25 000<sup>ème</sup>) ;
- Parmi toutes les typologies, les surfaces des glissements fins sont les plus petites (~ 853 m<sup>2</sup> en moyenne). Celles des glissements grossiers sont légèrement plus grandes en moyenne (~ 1 401 m<sup>2</sup>). Enfin, les laves torrentielles, du fait de leur propagation importante, ont les surfaces les plus élevées (~24 217 m<sup>2</sup> en moyenne) ;
- Les valeurs médianes d'angle de ligne d'énergie sont de 21,5° LT, de 24,4° pour les GF et enfin elle est un plus élevée pour les GG (33,8°).
- 95% des laves torrentielles ont un angle de ligne d'énergie supérieur à 13°. Cette valeur est supérieure à 13,9° et 21,4° pour 95% des GF et GG respectivement.

Inventaire des évènements / Données morphométriques

**BOULOUPARIS**

Enveloppes de zone d'initiation

		GG	GF	COUL	LT	CB
Surfaces (m <sup>2</sup> )	Nb	2701.0	321	-	158	-
	Min.	43.5	59.3	-	118.0	-
	Max.	12644.5	1616.5	-	13729.2	-
	Moyenne	379.1	482	-	1342.4	-
	Ecart type	555.5	92.8	-	1714.5	-

Enveloppes totales

		GG	GF	COUL	LT	CB
Surfaces (m <sup>2</sup> )	Nb	1902	127	95	153	5
	Min.	163	149	1582.7	1507	694
	Max.	23817	4493	89585.5	259548	12517
	Moyenne	1401	853	16899.0	24217	5734
	Ecart type	1721	729	14133.1	26510	6051
Quantiles	5%	379.7	231.2	2985.8	4483.9	-
	10%	437.6	278.5	4768.3	5512.4	-
	25%	591.1	429.6	6888.0	10514.4	-
	50%	880.8	599.0	12314.6	18765.6	-
	75%	1578.9	1013.7	22598.6	27987.7	-

Valeurs d'angle de ligne d'énergie pour la propagation

		GG	GF	COUL	LT	CB
Angle ligne d'énergie (°)	Nb	1902	127	95	153	5
	Min.	5.4	7.8	11	10.6	38.6
	Max.	48.8	38.4	43	39.9	41.9
	Moyenne	33.8	24.4	28	21.5	40.7
	Ecart type	6.6	6.2	7	5.7	1.4
Quantiles	5%	21.4	13.9	17	13.0	38.9
	10%	24.8	16.3	18	15.0	39.2
	25%	29.9	20.3	24	17.4	40.0
	50%	34.7	25.1	29	20.7	41.5
	75%	38.5	28.7	33	24.3	41.6

Synthèse des valeurs de pente et de surface des enveloppes de propagation

### 8.3 Annexe 3 – Susceptibilité de rupture par phénomène

#### Poids relatifs des variables par type de phénomène

#### Evaluation des modélisations statistiques.

## GLISSEMENTS GROSSIERS

### METHODE REGOLITHE

#### TABLE DES POIDS

Table 1 Poids sur jeu de donnée complet - Landform

Nom_class	Class	Count	Point Count	W_Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	Stud_Contrast	Gen_Class	Weights	S_Weights
steep slope, fine texture, low convexity	81	764194	1288	1,0584	0,0279	-0,275	0,0194	1,3334	0,034	39,2389	81	1,0584	0,0279
steep slope, fine texture, high convexity	113	960869	1371	0,8916	0,027	-0,2734	0,0197	1,1649	0,0335	34,8163	113	0,8916	0,027
steep slope, coarse texture, low convexity	65	482155	653	0,8393	0,0392	-0,1068	0,0174	0,9461	0,0429	22,0708	65	0,8393	0,0392
steep slope, coarse texture, high convexity	97	561698	549	0,5128	0,0427	-0,0619	0,0172	0,5747	0,046	12,4872	97	0,5128	0,0427
gentle slope, fine texture, high convexity	49	391470	46	-1,6065	0,1475	0,0477	0,016	-1,6542	0,1483	-11,1527	49	-1,6065	0,1475
gentle slope, fine texture, low convexity	17	321783	12	-2,7543	0,2887	0,0462	0,016	-2,8004	0,2891	-9,6861	17	-2,7543	0,2887
gentle slope, coarse texture, high convexity	33	1461916	21	-3,7083	0,2182	0,2396	0,016	-3,9479	0,2188	-18,0432	33	-3,7083	0,2182
gentle slope, coarse texture, low convexity	1	1786881	2	-6,2604	0,7071	0,3082	0,0159	-6,5687	0,7073	-9,2871	1	-6,2604	0,7071

Table 2: Poids sur jeu de donnée complet – Régolithe

Nom_class	Class	Count	Point Count	W_Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	Stud_Contrast	Gen_Class	Weights	S_Weights
FAL-anthropique	1	32679	321	2,8292	0,0561	-0,0774	0,0166	2,9067	0,0585	49,6854	1	2,8292	0,0561
FAL-chaos blocs	2	585914	1443	1,4384	0,0264	-0,3625	0,02	1,8009	0,0331	54,4232	2	1,4384	0,0264
FAU-très mince	7	932684	1864	1,2291	0,0232	-0,4886	0,0219	1,7177	0,0319	53,8092	7	1,2291	0,0232
FAL-colluvions-ND	3	169900	33	-1,1038	0,1741	0,0193	0,016	-1,1232	0,1748	-6,4245	3	-1,1038	0,1741
FAU-épais	5	41989	6	-1,4108	0,4083	0,006	0,0159	-1,4169	0,4086	-3,4677	5	-1,4108	0,4083
FAU-mince	6	3529457	223	-2,227	0,067	0,69	0,0164	-2,917	0,0689	-42,3069	6	-2,227	0,067
FAL-formations alluviales	4	1425267	52	-2,7762	0,1387	0,2277	0,016	-3,0039	0,1396	-21,5174	4	-2,7762	0,1387

Table 3: Poids sur jeu de donnée complet – Substrat

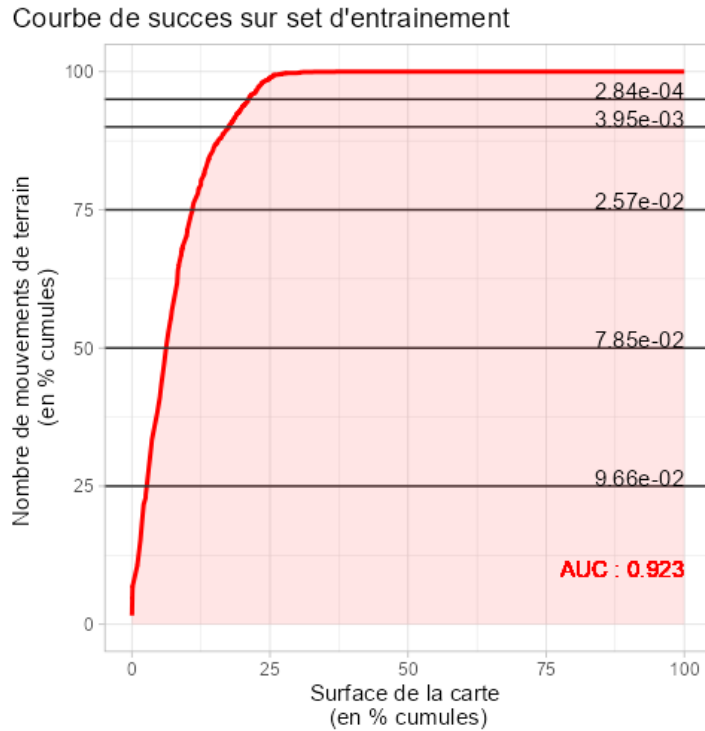
Nom_class	Class	Count	Point Count	W_Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	Stud_Contrast	Gen_Class	Weights	S_Weights
Péridotites indifférenciées	8	1579794	3551	1,3469	0,0168	-2,0434	0,0506	3,3903	0,0533	63,6181	8	1,3469	0,0168
Serpentinites	10	250925	259	0,5674	0,0622	-0,0285	0,0165	0,5959	0,0643	9,2647	10	0,5674	0,0622
Calcaires	4	137331	43	-0,6262	0,1525	0,0122	0,016	-0,6384	0,1534	-4,1628	4	-0,6262	0,1525
Basaltes, dolérites et laves indifférenciées	2	1031661	60	-2,3099	0,1291	0,1533	0,0161	-2,4632	0,1301	-18,9331	2	-2,3099	0,1291
Argillites, siltites	1	415720	22	-2,4042	0,2132	0,0601	0,016	-2,4644	0,2138	-11,5263	1	-2,4042	0,2132
Grès	7	1400536	7	-4,764	0,378	0,2337	0,0159	-4,9977	0,3783	-13,211	7	-4,764	0,378
Schistes et roches métamorphiques indifférenciées	9	246074	0	-5,9019	100	0,0398	0,0159	-5,9416	100	-0,0594	9	-5,9019	100
Flysch	6	335246	0	-6,2111	100	0,0534	0,0159	-6,2645	100	-0,0626	6	-6,2111	100
Cherts	5	428915	0	-6,4575	100	0,0683	0,0159	-6,5258	100	-0,0653	5	-6,4575	100
Brèches, conglomérats, poudingues	3	891688	0	-7,1893	100	0,145	0,0159	-7,3344	100	-0,0733	3	-7,1893	100

Table 4 : Poids sur jeu de donnée complet – Pente

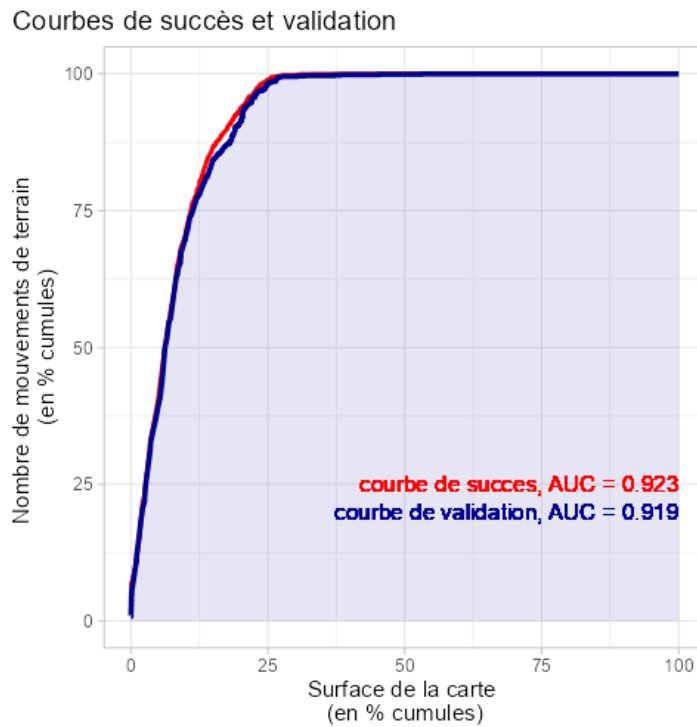
Nom_class	Class	Count	Point Count	W_Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	Stud_Contrast	Gen_Class	Weights	S_Weights
0-5°	1	1749495	0	-7,8633	100	0,3011	0,0159	-8,1644	100	-0,0816	1	-7,8633	100
5-10°	2	807082	3	-5,0601	0,5774	0,1268	0,0159	-5,187	0,5776	-8,9807	2	-5,0601	0,5774
10-15°	3	679767	17	-3,1538	0,2425	0,1025	0,016	-3,2563	0,2431	-13,3969	3	-3,1538	0,2425
15-20°	4	728319	62	-1,9289	0,127	0,0982	0,0161	-2,027	0,128	-15,8339	4	-1,9289	0,127
20-25°	5	761375	141	-1,1515	0,0842	0,0832	0,0162	-1,2348	0,0858	-14,3959	5	-1,1515	0,0842
25-30°	6	725798	342	-0,2173	0,0541	0,0233	0,0167	-0,2406	0,0566	-4,2509	6	-0,2173	0,0541
30-35°	7	536070	563	0,5847	0,0422	-0,0709	0,0172	0,6557	0,0455	14,3967	7	0,5847	0,0422
35-40°	8	371677	1183	1,6956	0,0291	-0,3001	0,019	1,9957	0,0348	57,3591	8	1,6956	0,0291
40-45°	9	252786	1220	2,1136	0,0287	-0,3309	0,0192	2,4444	0,0345	70,8259	9	2,1136	0,0287
45-50°	10	99307	378	1,8752	0,0515	-0,0858	0,0168	1,961	0,0542	36,1883	10	1,8752	0,0515
50-55°	11	17439	31	1,1117	0,1798	-0,005	0,016	1,1168	0,1805	6,1879	11	1,1117	0,1798
>55°	12	1851	2	0,6132	0,7075	-0,001	0,0159	0,6142	0,7077	0,8679	12	0,6132	0,7075

## SUR LES JEUX DE DONNEES D'ENTRAINEMENT ET DE VALIDATION

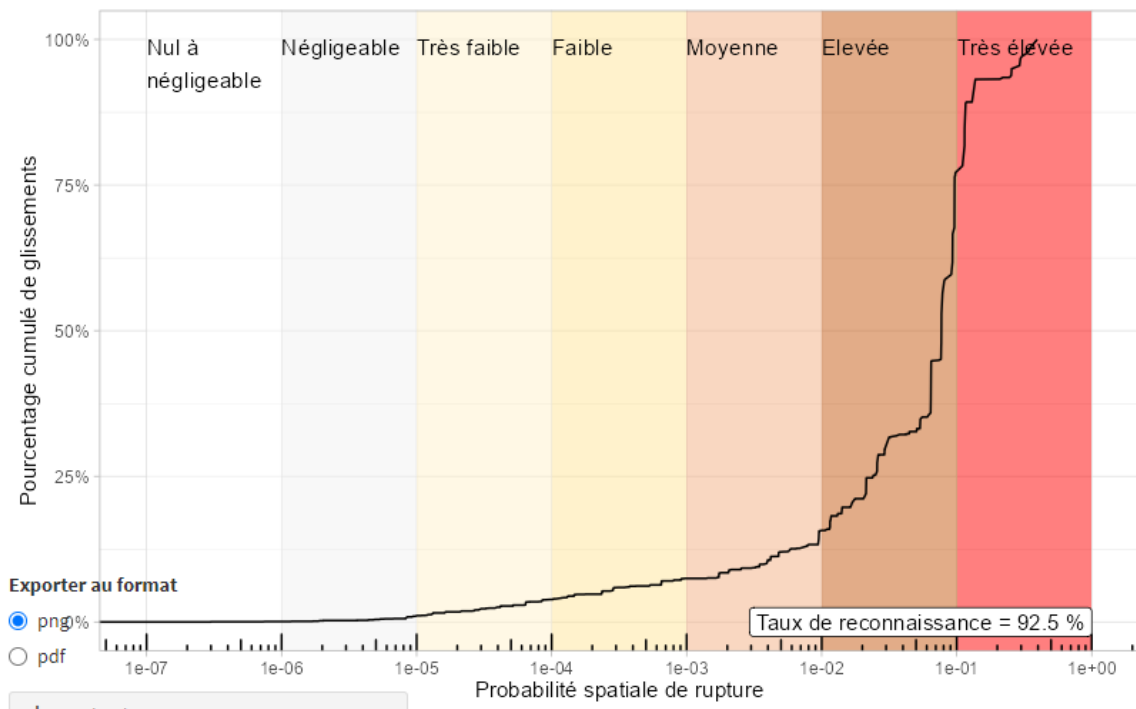
Courbe de succès et aire sous la courbe



Courbe de validation

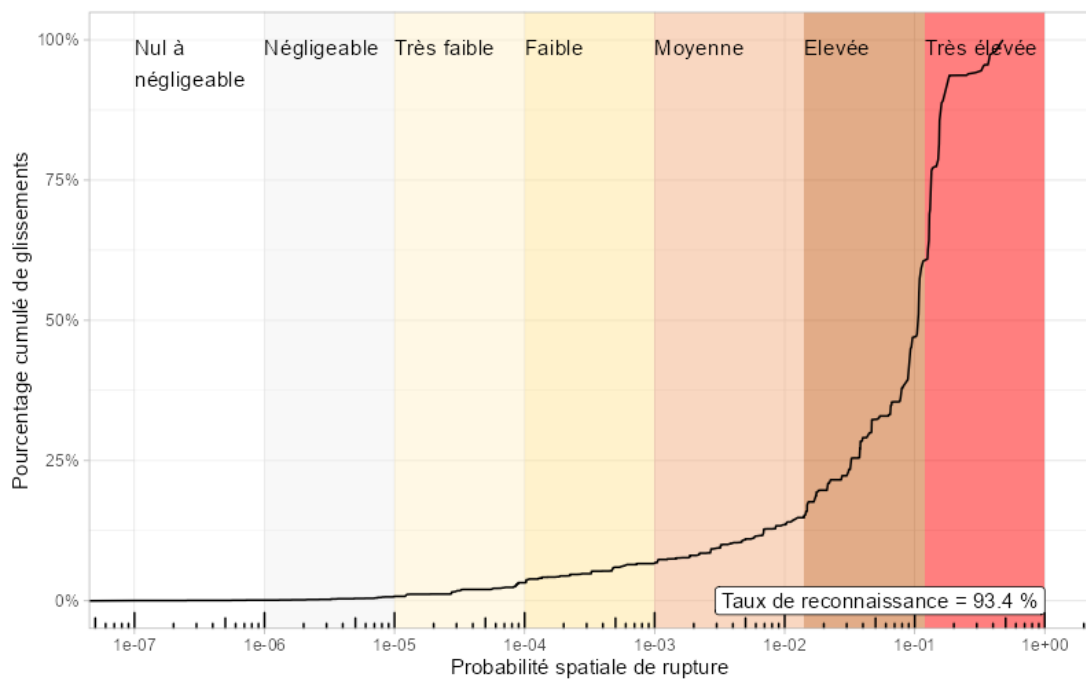


## **COURBE DE RECONNAISSANCE SUR SET D'ENTRAINEMENT**



## **SUR LE JEU DE DONNEES COMPLET**

Courbe de reconnaissance



**METHODE GEOL 50K**

**TABLE DES POIDS**

Table 1: Poids sur jeu de donnée complet – Géologie 50 000

Nom_class	Class	Count	Point Count	W Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	tud. Contrast	Gen. Class	Weights	S_Weights
Décharges minières et remblais	12	10689	87	1,9872	0,1077	-0,007	0,0102	1,9943	0,1081	18,4426	12	1,9872	0,1077
Colluvions à blocs (ultra)	7	21823	102	1,4291	0,0992	-0,0081	0,0102	1,4371	0,0998	14,4039	7	1,4291	0,0992
Péridotites	21	2449548	7944	1,0621	0,0112	-1,3863	0,024	2,4484	0,0265	92,2465	21	1,0621	0,0112
Latérites indifférenciées	18	82071	127	0,3205	0,0888	-0,003	0,0102	0,3236	0,0894	3,6195	18	0,3205	0,0888
Latérites minces	19	607136	799	0,1583	0,0354	-0,013	0,0106	0,1713	0,037	4,6346	19	0,1583	0,0354
Serpentinites	23	199099	205	-0,0874	0,0699	0,0031	0,0103	-0,0905	0,0706	-1,2808	23	-0,0874	0,0699
Grès et silt	16	30291	29	-0,1602	0,1858	0,001	0,0102	-0,1612	0,1861	-0,8665	16	-0,1602	0,1858
Latérites épaisses	17	175097	125	-0,4539	0,0895	0,0081	0,0102	-0,4621	0,0901	-5,1309	17	-0,4539	0,0895
Calcaires	6	101704	42	-1,0016	0,1543	0,0081	0,0102	-1,0097	0,1547	-6,5279	6	-1,0016	0,1543
Formations littorales indifférenciées	14	84261	17	-1,7181	0,2426	0,008	0,0102	-1,7262	0,2428	-7,1103	14	-1,7181	0,2426
Conglomérats et grès	9	63114	12	-1,7775	0,2887	0,007	0,0102	-1,7845	0,2889	-6,1773	9	-1,7775	0,2887
Cuirasse	11	32940	5	-2,0027	0,4472	0,003	0,0102	-2,0057	0,4474	-4,4835	11	-2,0027	0,4472
Coulée de débris	10	192391	26	-2,1189	0,1961	0,0203	0,0102	-2,1392	0,1964	-10,8924	10	-2,1189	0,1961
Alluvions	1	1332687	119	-2,5334	0,0917	0,1563	0,0102	-2,6897	0,0922	-29,1588	1	-2,5334	0,0917
Colluvions indifférenciées	8	15685	0	-2,9035	100	0,002	0,0102	-2,9055	100	-0,0291	8	-2,9035	100
Basaltes	4	589472	35	-2,9415	0,169	0,0675	0,0102	-3,0089	0,1693	-17,7683	4	-2,9415	0,169
Siltites	24	50450	0	-4,0718	100	0,006	0,0102	-4,0778	100	-0,0408	24	-4,0718	100
Laves indifférenciées	20	72107	0	-4,4289	100	0,009	0,0102	-4,438	100	-0,0444	20	-4,4289	100
Flysch	13	182109	0	-5,3554	100	0,0222	0,0102	-5,3776	100	-0,0538	13	-5,3554	100
Argillites et cherts	2	201938	0	-5,4587	100	0,0243	0,0102	-5,483	100	-0,0548	2	-5,4587	100
Schistes (bo)	22	235575	0	-5,6128	100	0,0284	0,0102	-5,6412	100	-0,0564	22	-5,6128	100
Argillites et siltites	3	286440	0	-5,8083	100	0,0346	0,0102	-5,8429	100	-0,0584	3	-5,8083	100
Brèches	5	728681	0	-6,742	100	0,0888	0,0102	-6,8308	100	-0,0683	5	-6,742	100
Grès	15	860619	0	-6,9084	100	0,1065	0,0102	-7,0149	100	-0,0701	15	-6,9084	100

Table 2: Poids sur jeu de donnée complet – Landform

Nom_Class	Class	Count	Point Count	W Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	Stud, Contrast	Gen, Class	Weights	S_Weights
steep slope, fine texture, high convexity	113	1633938	3977	0,7743	0,0159	-0,3186	0,0133	1,0929	0,0207	52,846	113	0,7743	0,0159
steep slope, fine texture, low convexity	81	1230782	2951	0,7593	0,0184	-0,2095	0,0122	0,9688	0,0221	43,8298	81	0,7593	0,0184
steep slope, coarse texture, low convexity	65	648807	1435	0,6784	0,0264	-0,0822	0,011	0,7606	0,0286	26,5619	65	0,6784	0,0264
steep slope, coarse texture, high convexity	97	823034	1160	0,227	0,0294	-0,0269	0,0108	0,2539	0,0313	8,1058	97	0,227	0,0294
gentle slope, fine texture, high convexity	49	497954	95	-1,7741	0,1026	0,0497	0,0102	-1,8238	0,1031	-17,6867	49	-1,7741	0,1026
gentle slope, fine texture, low convexity	17	390679	25	-2,8666	0,2	0,043	0,0102	-2,9096	0,2003	-14,5288	17	-2,8666	0,2
gentle slope, coarse texture, high convexity	33	1533171	25	-4,2338	0,2	0,193	0,0102	-4,4268	0,2003	-22,1054	33	-4,2338	0,2
gentle slope, coarse texture, low convexity	1	1851715	6	-5,8497	0,4082	0,2411	0,0102	-6,0908	0,4084	-14,9147	1	-5,8497	0,4082

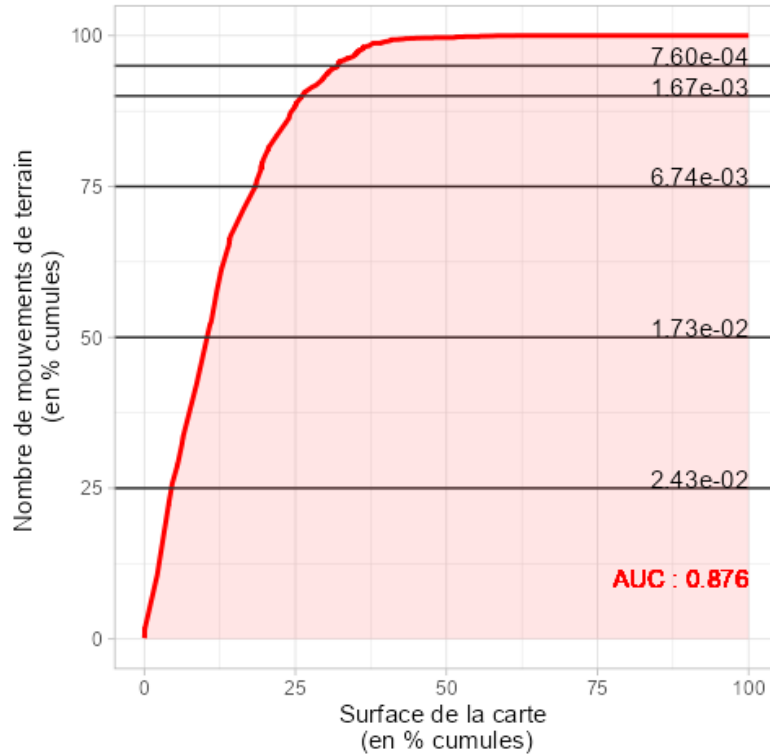
Table 3: Poids sur jeu de donnée complet – Pente

Nom_Class	Class	Count	Point Count	W Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	tud, Contrast	Gen, Class	Weights	S_Weights
0-5°	1	1776159	1	-7,5998	1	0,2319	0,0102	-7,8318	1,0001	-7,8314	1	-7,5998	1
5-10°	2	850734	10	-4,5611	0,3162	0,1032	0,0102	-4,6644	0,3164	-14,7424	2	-4,5611	0,3162
10-15°	3	763908	27	-3,4602	0,1925	0,0902	0,0102	-3,5504	0,1927	-18,4224	3	-3,4602	0,1925
15-20°	4	886008	115	-2,1593	0,0933	0,0966	0,0102	-2,2559	0,0938	-24,0461	4	-2,1593	0,0933
20-25°	5	998865	295	-1,337	0,0582	0,0928	0,0103	-1,4298	0,0591	-24,1767	5	-1,337	0,0582
25-30°	6	1036692	775	-0,4078	0,0359	0,0445	0,0106	-0,4523	0,0375	-12,0709	6	-0,4078	0,0359
30-35°	7	874861	1437	0,3803	0,0264	-0,0538	0,011	0,434	0,0286	15,1698	7	0,3803	0,0264
35-40°	8	716969	2969	1,3075	0,0184	-0,2801	0,0122	1,5875	0,0221	71,9027	8	1,3075	0,0184
40-45°	9	497079	3024	1,6941	0,0182	-0,3167	0,0123	2,0108	0,022	91,474	9	1,6941	0,0182
45-50°	10	176005	902	1,5216	0,0334	-0,0774	0,0107	1,599	0,035	45,6215	10	1,5216	0,0334
50-55°	11	29410	108	1,1868	0,0964	-0,0081	0,0102	1,1949	0,0969	12,3257	11	1,1868	0,0964
>55°	12	3390	11	1,0627	0,302	-0,001	0,0102	1,0637	0,3022	3,5201	12	1,0627	0,302

## SUR LES JEUX DE DONNEES D'ENTRAINEMENT ET DE VALIDATION

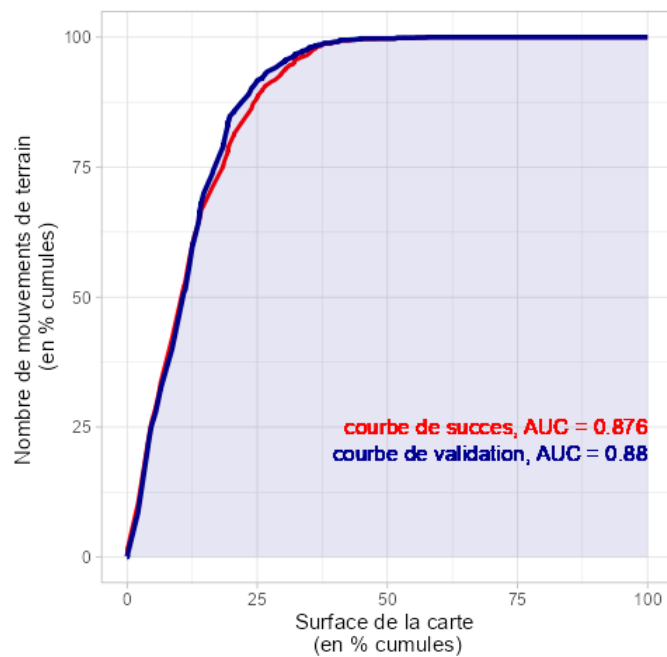
Courbe de succès et aire sous la courbe

Courbe de succès sur set d'entrainement

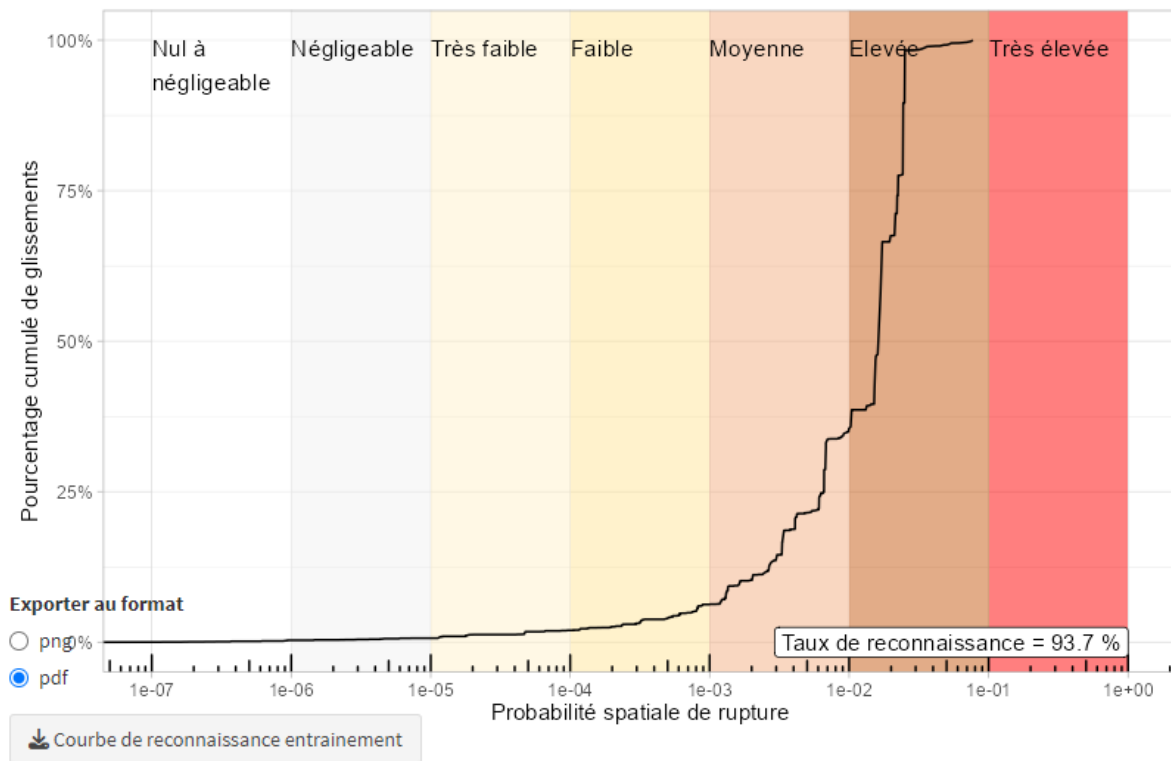


Courbe de validation

Courbes de succès et validation

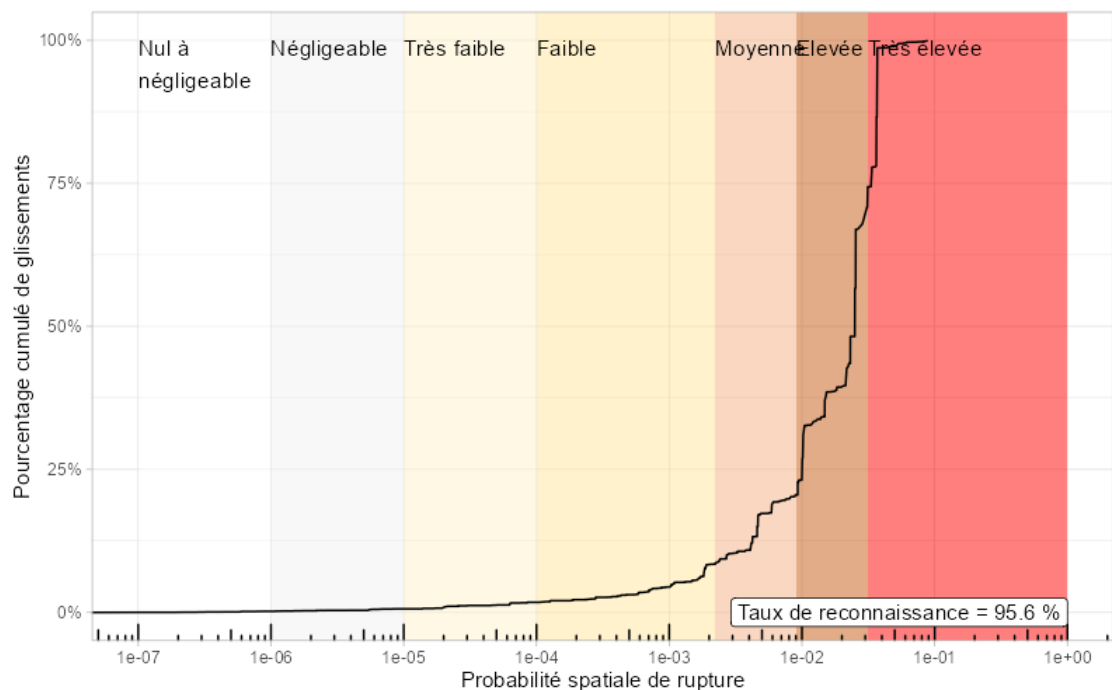


## **COURBE DE RECONNAISSANCE SUR SET D'ENTRAINEMENT**



## **SUR LE JEU DE DONNEES COMPLET**

Courbe de reconnaissance



## **PROBABILITE ANNUELLE DE RUPTURE**

probabilité de rupture spatiale	valeur raster	Npix classe	Npix gliss	proba spatio temporelle	classe seuill jtc1	classe propag annuelle sélectionnée	aléa résultant	aléa retenu
nulle à négligeable	1	4031840	1	5.39E-09	nulle à négligeable	<b>nulle à négligeable</b>	très faible	<b>nul à négligeable</b>
négligeable	2	884079	1	2.46E-08	nulle à négligeable	<b>nulle à négligeable</b>	très faible	<b>très faible</b>
très faible	3	505730	18	7.74E-07	négligeable	<b>négligeable</b>	faible	<b>faible</b>
faible	4	561517	136	5.27E-06	très faible	<b>très faible</b>	modéré	<b>modéré</b>
moyenne	5	681234	257	8.20E-06	très faible	<b>très faible</b>	modéré	<b>modéré</b>
forte	6	1338173	1217	1.98E-05	faible	<b>faible</b>	élevé	<b>élevé</b>
très forte	7	603443	654	2.36E-05	faible	<b>faible</b>	élevé	<b>élevé</b>

**GLISSEMENTS FINS**

**METHODE REGOLITHE**

**TABLE DES POIDS**

*Table 4: Poids sur jeu de donnée complet – Landform*

Nom_class	Class	Count	Point Count	W_Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	Stud, Contrast	Gen, Class	Weights	S_Weights
steep slope, coarse texture, low convexity	65	482155	103	0,779	0,0985	-0,0949	0,0424	0,8739	0,1073	8,1471	65	0,779	0,0985
steep slope, fine texture, high convexity	113	960869	205	0,7777	0,0699	-0,2182	0,0469	0,9959	0,0841	11,8388	113	0,7777	0,0699
steep slope, coarse texture, high convexity	97	561698	109	0,6829	0,0958	-0,0926	0,0426	0,7755	0,1048	7,3973	97	0,6829	0,0958
gentle slope, fine texture, low convexity	17	321783	57	0,5917	0,1325	-0,0407	0,0407	0,6324	0,1386	4,5636	17	0,5917	0,1325
steep slope, fine texture, low convexity	81	764194	124	0,504	0,0898	-0,0872	0,0432	0,5912	0,0997	5,9323	81	0,504	0,0898
gentle slope, fine texture, high convexity	49	391470	23	-0,512	0,2085	0,0241	0,0396	-0,5361	0,2123	-2,5259	49	-0,512	0,2085
gentle slope, coarse texture, high convexity	33	1461916	20	-1,9694	0,2236	0,2142	0,0395	-2,1836	0,2271	-9,616	33	-1,9694	0,2236
gentle slope, coarse texture, low convexity	1	1786881	19	-2,2214	0,2294	0,2798	0,0395	-2,5012	0,2328	-10,7445	1	-2,2214	0,2294

*Table 5: Poids sur jeu de donnée complet – Régolithe*

Nom_class	Class	Count	Point Count	W_Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	Stud, Contrast	Gen, Class	Weights	S_Weights
FAU-mince	6	3529457	616	0,5769	0,0403	-1,9565	0,1508	2,5334	0,156	16,2346	6	0,5769	0,0403
FAU-très mince	7	932684	38	-0,8781	0,1622	0,0922	0,0401	-0,9703	0,1671	-5,8065	7	-0,8781	0,1622
FAL-formations alluviales	4	1425267	6	-3,148	0,4082	0,2318	0,0391	-3,3797	0,4101	-8,2409	4	-3,148	0,4082
FAL-anthropique	1	32679	0	-3,8825	100	0,007	0,0389	-3,8895	100	-0,0389	1	-3,8825	100
FAU-épais	5	41989	0	-4,1331	100	0,008	0,0389	-4,1412	100	-0,0414	5	-4,1331	100
FAL-colluvions-ND	3	169900	0	-5,5309	100	0,0274	0,0389	-5,5583	100	-0,0556	3	-5,5309	100
FAL-chaos blocs	2	585914	0	-6,7689	100	0,0932	0,0389	-6,8621	100	-0,0686	2	-6,7689	100

*Table 6: Poids sur jeu de donnée complet – Pente*

Nom_class	Class	Count	Point Count	W_Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	Stud, Contrast	Gen, Class	Weights	S_Weights
0-5°	1	1749495	3	-4,0461	0,5774	0,2961	0,039	-4,3422	0,5787	-7,5038	1	-4,0461	0,5774
5-10°	2	807082	20	-1,3753	0,2236	0,0974	0,0395	-1,4727	0,2271	-6,4854	2	-1,3753	0,2236
10-15°	3	679767	34	-0,673	0,1715	0,0531	0,04	-0,7261	0,1761	-4,123	3	-0,673	0,1715
15-20°	4	728319	62	-0,1412	0,127	0,0156	0,0409	-0,1567	0,1334	-1,1747	4	-0,1412	0,127
20-25°	5	761375	110	0,3879	0,0954	-0,0628	0,0426	0,4507	0,1045	4,3146	5	0,3879	0,0954
25-30°	6	725798	163	0,8291	0,0783	-0,1694	0,0449	0,9985	0,0903	11,0609	6	0,8291	0,0783
30-35°	7	536070	145	1,0151	0,0831	-0,1651	0,0441	1,1802	0,094	12,552	7	1,0151	0,0831
35-40°	8	371677	86	0,8589	0,1078	-0,0827	0,0417	0,9416	0,1156	8,1425	8	0,8589	0,1078
40-45°	9	252786	31	0,2239	0,1796	-0,0094	0,0399	0,2333	0,184	1,2682	9	0,2239	0,1796
45-50°	10	99307	5	-0,6664	0,4472	0,0071	0,0391	-0,6734	0,4489	-1,5001	10	-0,6664	0,4472
50-55°	11	17439	0	-3,2544	100	0,003	0,0389	-3,2575	100	-0,0326	11	-3,2544	100
>55°	12	1851	1	1,7072	1,0003	-0,002	0,039	1,7092	1,001	1,7074	12	1,7072	1,0003

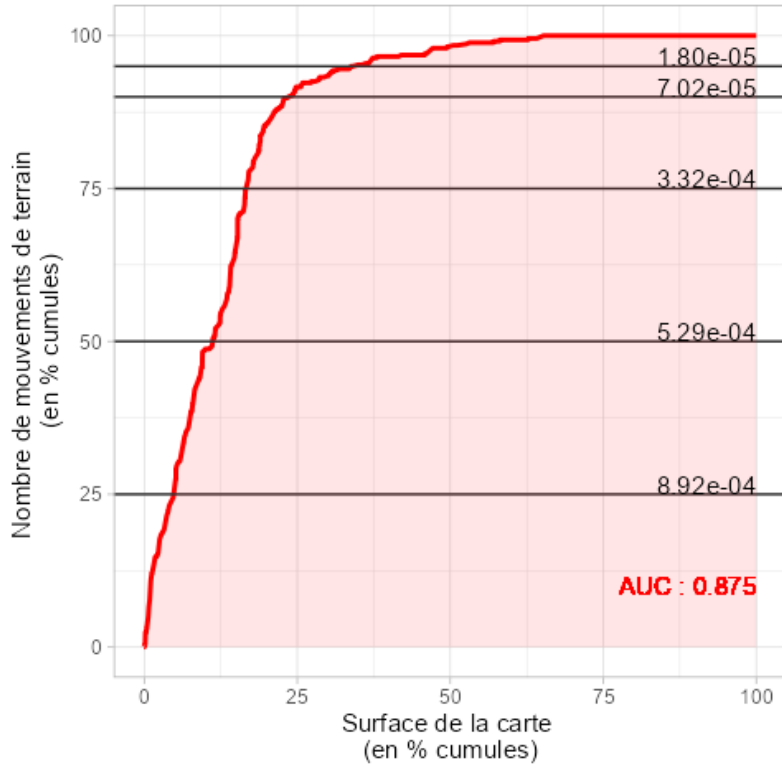
Table 7: Poids sur jeu de donnée complet – Substratum

Nom_class	Class	Count	Point Count	W_Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	Stud, Contrast	Gen, Class	Weights	S_Weights
Schistes et roches métamorphiques indifférenciées	9	246074	82	1,2238	0,1104	-0,0926	0,0416	1,3164	0,118	11,1537	9	1,2238	0,1104
Argilites, siltites	1	415720	125	1,121	0,0895	-0,1433	0,0432	1,2643	0,0994	12,725	1	1,121	0,0895
Calcaires	4	137331	29	0,7675	0,1857	-0,0217	0,0398	0,7892	0,1899	4,1551	4	0,7675	0,1857
Brèches, conglomérats, poudingues	3	891688	121	0,3252	0,0909	-0,0571	0,0431	0,3823	0,1006	3,7997	3	0,3252	0,0909
Basaltes, dolérites et laves indifférenciées	2	1031661	129	0,2434	0,0881	-0,0485	0,0434	0,2919	0,0982	2,9732	2	0,2434	0,0881
Grès	7	1400536	134	-0,0243	0,0864	0,0088	0,0436	-0,0331	0,0968	-0,3424	7	-0,0243	0,0864
Cherts	5	428915	25	-0,52	0,2	0,0295	0,0397	-0,5495	0,2039	-2,6949	5	-0,52	0,2
Serpentinites	10	250925	7	-1,2569	0,378	0,0287	0,0391	-1,2856	0,38	-3,3832	10	-1,2569	0,378
Péridotites indifférenciées	8	1579794	7	-3,0968	0,378	0,2594	0,0391	-3,3562	0,38	-8,8325	8	-3,0968	0,378
Flysch	6	335246	1	-3,4925	1	0,0514	0,039	-3,5439	1,0008	-3,5412	6	-3,4925	1

## SUR LES JEUX DE DONNEES D'ENTRAINEMENT ET DE VALIDATION

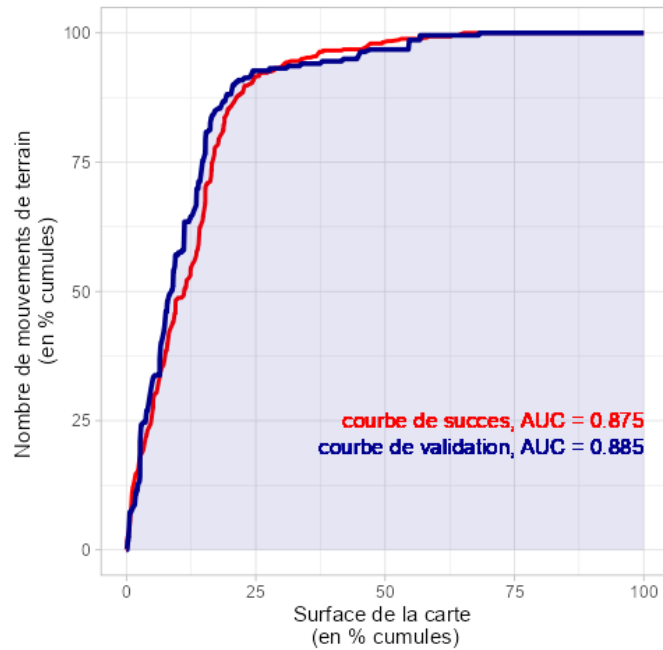
Courbe de succes et aire sous la courbe

Courbe de succes sur set d'entrainement



Courbe de validation

Courbes de succès et validation



## METHODE SUBSTRATUM 50K

Table 8: Poids sur jeu de donnée complet – Substratum

Nom_class	Class	Count	Point Count	W_Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	Stud, Contrast	Gen, Class	Weights	S_Weights
Grès et silts	16	30291	34	2,6745	0,1716	-0,0483	0,0397	2,7228	0,1761	15,4583	16	2,6745	0,1716
Siltites	24	50450	28	1,9696	0,189	-0,0369	0,0396	2,0065	0,1931	10,3893	24	1,9696	0,189
Conglomerats et grès	9	63114	27	1,7091	0,1925	-0,0328	0,0395	1,7419	0,1965	8,8644	9	1,7091	0,1925
Schistes (bo)	22	235575	82	1,5029	0,1105	-0,1028	0,0413	1,6057	0,1179	13,6151	22	1,5029	0,1105
Argilites et siltites	3	286440	83	1,3194	0,1098	-0,0978	0,0414	1,4172	0,1173	12,0799	3	1,3194	0,1098
Calcaires	6	101704	29	1,3033	0,1857	-0,0319	0,0396	1,3352	0,1899	7,0313	6	1,3033	0,1857
Basaltes	4	589472	119	0,9579	0,0917	-0,1245	0,0427	1,0824	0,1011	10,702	4	0,9579	0,0917
Brèches	5	728681	110	0,6672	0,0954	-0,0915	0,0424	0,7587	0,1043	7,2712	5	0,6672	0,0954
Grès	15	860619	114	0,5365	0,0937	-0,0822	0,0425	0,6187	0,1029	6,0143	15	0,5365	0,0937
Formations littorales indifférenciées	14	84261	5	-0,2666	0,4472	0,003	0,0389	-0,2696	0,4489	-0,6006	14	-0,2666	0,4472
Colluvions à blocs (ultra)	7	21823	1	-0,5251	1	0,002	0,0388	-0,5271	1,0008	-0,5267	7	-0,5251	1
Latérites épaisses	17	175097	7	-0,6616	0,378	0,0112	0,0389	-0,6727	0,38	-1,7705	17	-0,6616	0,378
Cuirasse	11	32940	1	-0,9368	1	0,003	0,0388	-0,9398	1,0008	-0,9391	11	-0,9368	1
Serpentinites	23	199099	5	-1,1265	0,4472	0,0173	0,0389	-1,1438	0,4489	-2,5479	23	-1,1265	0,4472
Argilites et cherts	2	201938	5	-1,1407	0,4472	0,0173	0,0389	-1,1579	0,4489	-2,5795	2	-1,1407	0,4472
Coulée de débris	10	192391	4	-1,3154	0,5	0,0173	0,0388	-1,3326	0,5015	-2,6573	10	-1,3154	0,5
Laves indifférenciées	20	72107	1	-1,7203	1	0,008	0,0388	-1,7284	1,0008	-1,727	20	-1,7203	1
Décharges minières et remblais	12	10689	0	-2,5189	100	0,002	0,0387	-2,5209	100	-0,0252	12	-2,5189	100
Flysch	13	182109	1	-2,6468	1	0,0212	0,0388	-2,668	1,0008	-2,666	13	-2,6468	1
Colluvions indifférenciées	8	15685	0	-2,9024	100	0,002	0,0387	-2,9044	100	-0,029	8	-2,9024	100
Alluvions	1	1332687	5	-3,0277	0,4472	0,1614	0,0389	-3,1891	0,4489	-7,1042	1	-3,0277	0,4472
Latérites minces	19	607136	2	-3,1578	0,7071	0,0706	0,0388	-3,2284	0,7082	-4,5588	19	-3,1578	0,7071
Péridotites	21	2449548	4	-3,8595	0,5	0,3295	0,0388	-4,189	0,5015	-8,3528	21	-3,8595	0,5
Latérites indifférenciées	18	82071	0	-4,5573	100	0,0101	0,0387	-4,5674	100	-0,0457	18	-4,5573	100

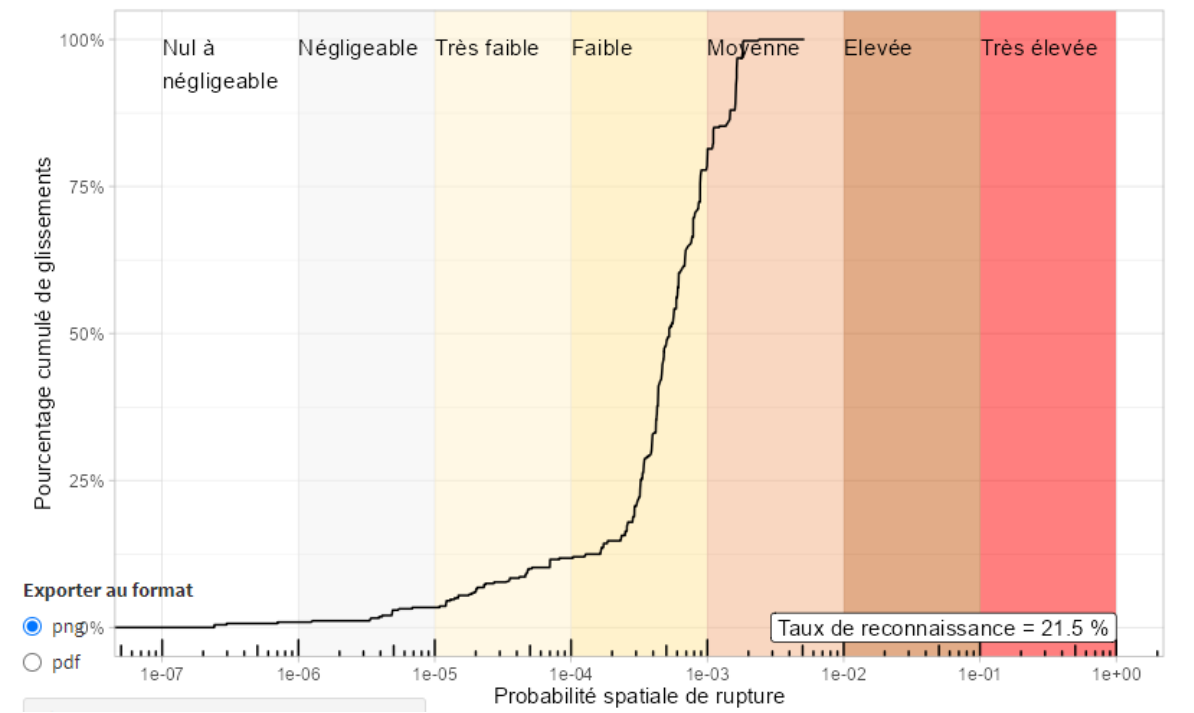
Table 9: Poids sur jeu de donnée complet – Pente

Nom_class	Class	Count	Point Count	W_Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	Stud, Contrast	Gen, Class	Weights	S_Weights
0-5°	1	1776159	3	-3,8258	0,5774	0,2267	0,0388	-4,0524	0,5787	-7,0032	1	-3,8258	0,5774
5-10°	2	850734	20	-1,1925	0,2236	0,0738	0,0393	-1,2663	0,227	-5,5775	2	-1,1925	0,2236
10-15°	3	763908	34	-0,5542	0,1715	0,0409	0,0397	-0,5951	0,176	-3,3802	3	-0,5542	0,1715
15-20°	4	886008	62	-0,1017	0,127	0,0111	0,0407	-0,1128	0,1334	-0,8458	4	-0,1017	0,127
20-25°	5	998865	110	0,3518	0,0954	-0,057	0,0424	0,4088	0,1043	3,918	5	0,3518	0,0954
25-30°	6	1036692	165	0,7201	0,0779	-0,1559	0,0446	0,876	0,0897	9,7612	6	0,7201	0,0779
30-35°	7	874861	150	0,7946	0,0817	-0,1473	0,044	0,9419	0,0927	10,1552	7	0,7946	0,0817
35-40°	8	716969	86	0,4373	0,1078	-0,0515	0,0415	0,4887	0,1155	4,2297	8	0,4373	0,1078
40-45°	9	497079	31	-0,2169	0,1796	0,0127	0,0397	-0,2295	0,1839	-1,2479	9	-0,2169	0,1796
45-50°	10	176005	5	-1,0032	0,4472	0,0132	0,0389	-1,0164	0,4489	-2,2642	10	-1,0032	0,4472
50-55°	11	29410	0	-3,5311	100	0,003	0,0387	-3,5341	100	-0,0353	11	-3,5311	100
>55°	12	3390	1	1,3373	1,0001	-0,001	0,0388	1,3383	1,0009	1,3371	12	1,3373	1,0001

Table 10: Poids sur jeu de donnée complet – Landform

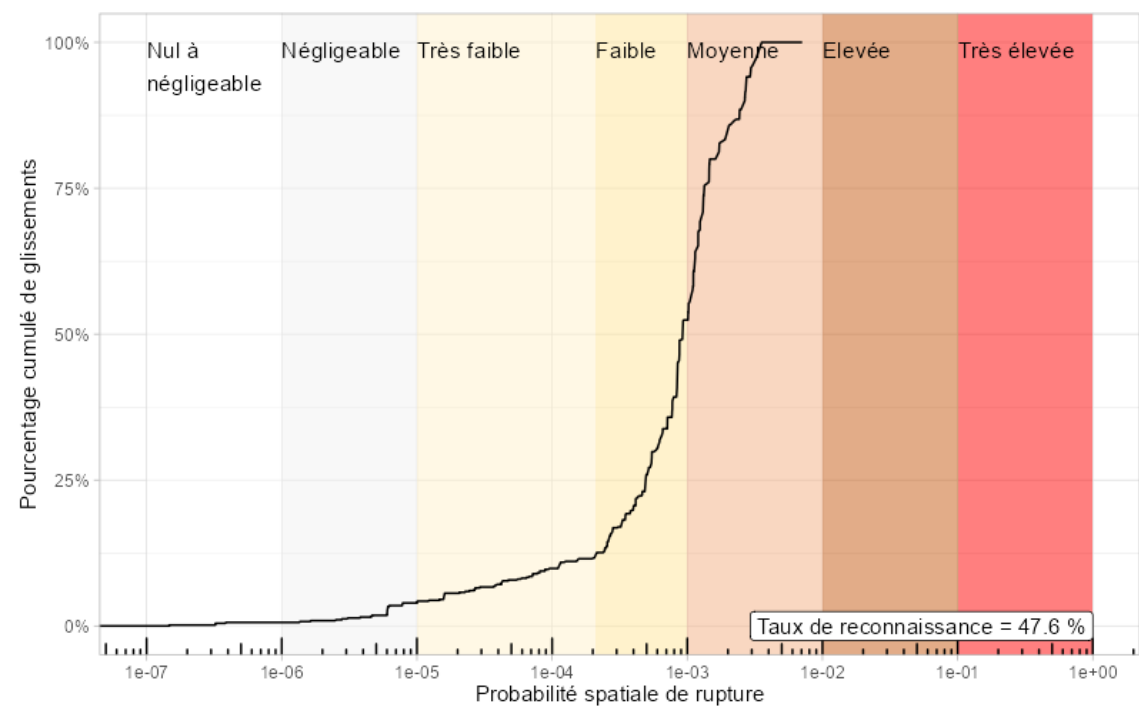
Nom_class	Class	Count	Point Count	W_Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	Stud, Contrast	Gen, Class	Weights	S_Weights
steep slope, coarse texture, low convexity	65	648807	103	0,7176	0,0985	-0,0893	0,0421	0,8068	0,1072	7,5293	65	0,7176	0,0985
gentle slope, fine texture, low convexity	17	390679	57	0,6331	0,1325	-0,0428	0,0405	0,6759	0,1385	4,8798	17	0,6331	0,1325
steep slope, coarse texture, high convexity	97	823034	109	0,5363	0,0958	-0,077	0,0423	0,6133	0,1047	5,8563	97	0,5363	0,0958
steep slope, fine texture, high convexity	113	1633938	210	0,5063	0,069	-0,1676	0,0468	0,6739	0,0834	8,0834	113	0,5063	0,069
steep slope, fine texture, low convexity	81	1230782	126	0,2788	0,0891	-0,0552	0,043	0,334	0,0989	3,376	81	0,2788	0,0891
gentle slope, fine texture, high convexity	49	497954	23	-0,5171	0,2085	0,0252	0,0394	-0,5423	0,2122	-2,5555	49	-0,5171	0,2085
gentle slope, coarse texture, high convexity	33	1533171	20	-1,7815	0,2236	0,1656	0,0393	-1,9471	0,227	-8,576	33	-1,7815	0,2236
gentle slope, coarse texture, low convexity	1	1851715	19	-2,0216	0,2294	0,2137	0,0393	-2,2353	0,2328	-9,6035	1	-2,0216	0,2294

## COURBE DE RECONNAISSANCE SUR SET D'ENTRAINEMENT



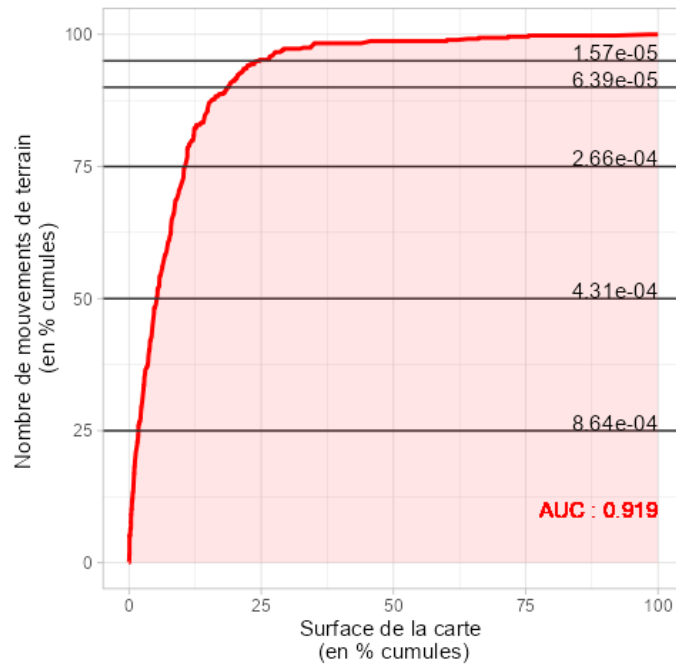
### **SUR LE JEU DE DONNEES COMPLET**

### **COURBE DE RECONNAISSANCE**

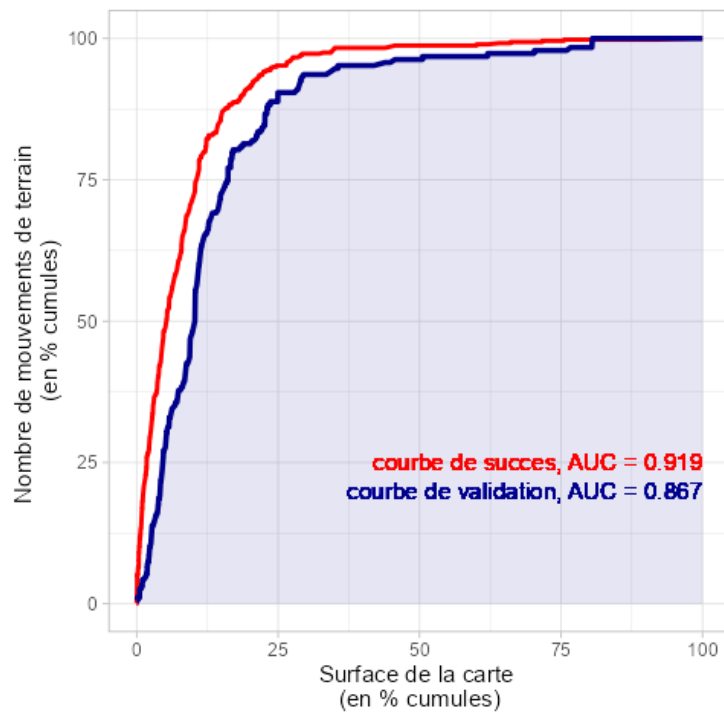


### **SUR LES JEUX DE DONNEES D'ENTRAINEMENT ET DE VALIDATION**

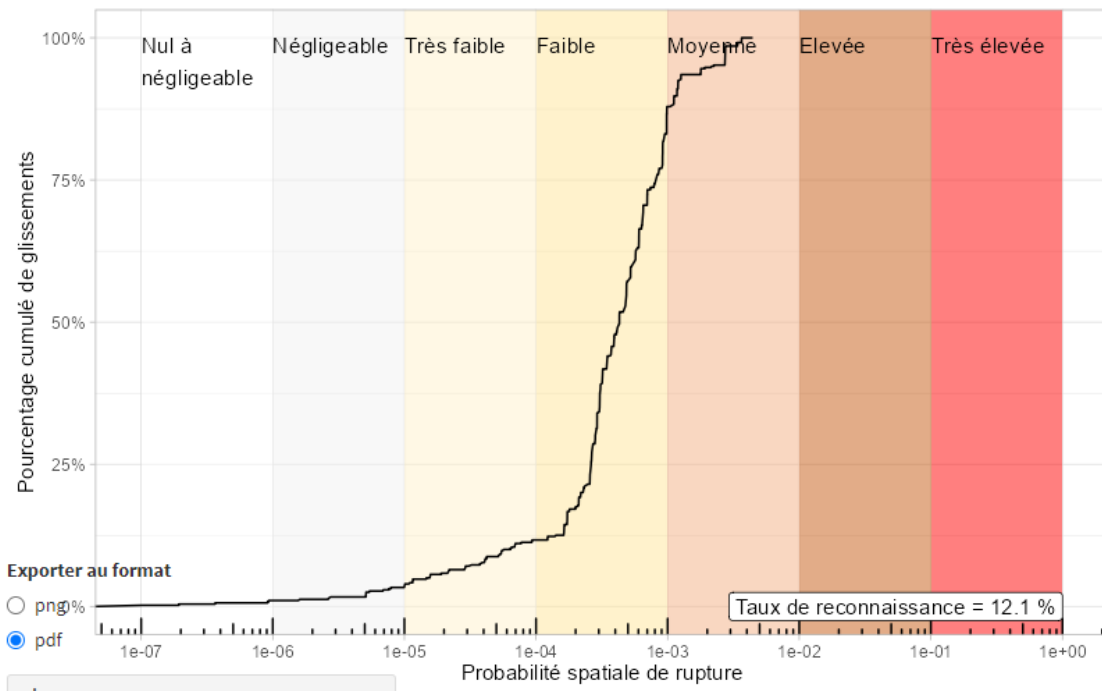
Courbe de succes sur set d'entrainement



Courbes de succès et validation

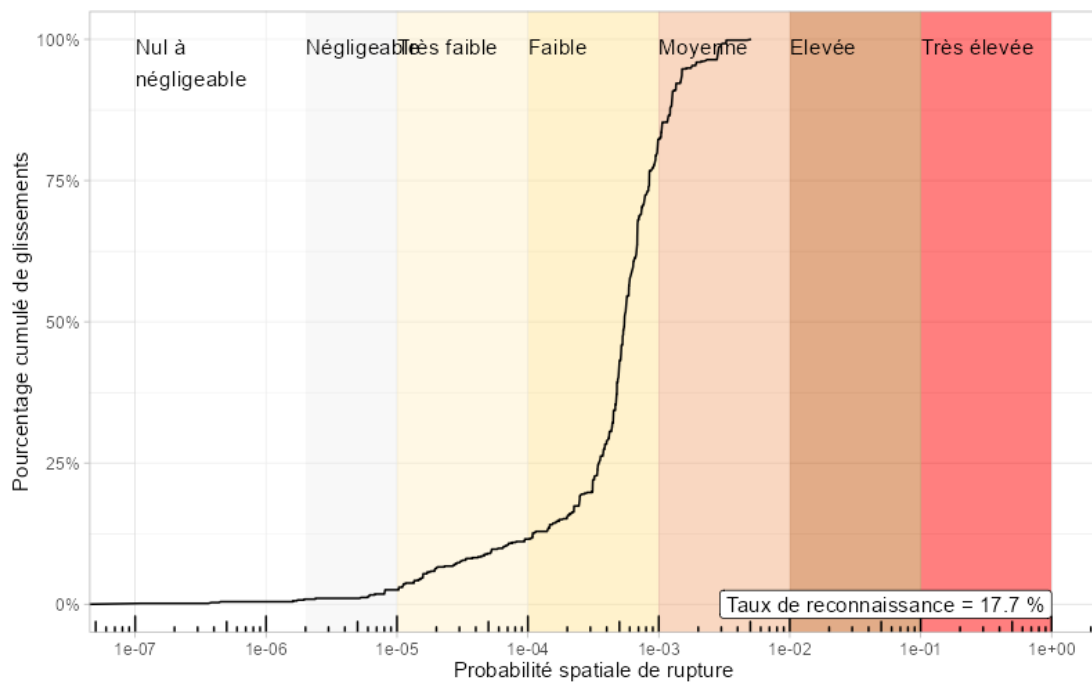


**COURBE DE RECONNAISSANCE SUR SET D'ENTRAINEMENT**



## SUR LE JEU DE DONNEES COMPLET

### COURBE DE RECONNAISSANCE



### PROBABILITE ANNUELLE DE RUPTURE

probabilité de rupture spatiale	valeur raster	Npix classe	Npix gliss	proba spatio temporelle	classe seuill jtc1	classe propag annuelle sélectionnée	aléa résultant
nulle à négligeable	1	2611492	3	2.44E-08	nulle à négligeable	<b>nulle à négligeable</b>	nul à négligeable
négligeable	2	2762064	7	5.39E-08	nulle à négligeable	<b>nulle à négligeable</b>	nul à négligeable
très faible	3	1630353	20	2.61E-07	négligeable	<b>négligeable</b>	très faible
faible	4	987195	103	2.22E-06	très faible	<b>très faible</b>	faible
moyenne	5	617797	139	4.89E-06	très faible	<b>faible</b>	modéré
forte	6						
très forte	7						

**LAVES TORRENTIELLES**

**METHODE REGOLITHE**

**TABLE DES POIDS**

*Table 5 : Poids sur jeu de donnée complet – Régolithe*

Nom_class	Class	Count	Point Count	W_Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	Stud, Contrast	Gen, Class	Weights	S_Weights
FAL-anthropique	1	32679	138	3,6065	0,0853	-0,189	0,0396	3,7955	0,0941	40,3519	1	3,6065	0,0853
FAU-très mince	7	932684	426	1,3786	0,0485	-0,6465	0,0535	2,0251	0,0722	28,045	7	1,3786	0,0485
FAL-chaos blocs	2	585914	158	0,8514	0,0796	-0,1349	0,0403	0,9864	0,0892	11,0612	2	0,8514	0,0796
FAU-mince	6	3529457	50	-2,0951	0,1414	0,6793	0,0371	-2,7745	0,1462	-18,9749	6	-2,0951	0,1414
FAL-colluvions-ND	3	169900	2	-2,2803	0,7071	0,0244	0,036	-2,3047	0,708	-3,2551	3	-2,2803	0,7071
FAU-épais	5	41989	0	-4,1332	100	0,008	0,0359	-4,1412	100	-0,0414	5	-4,1332	100
FAL-formations alluviales	4	1425267	1	-5,1004	1	0,2398	0,0359	-5,3402	1,0006	-5,3367	4	-5,1004	1

*Table 6 : Poids sur jeu de donnée complet – Pentes*

Nom_class	Class	Count	Point Count	W_Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	Stud, Contrast	Gen, Class	Weights	S_Weights
Upland Drainages	3	38894	74	2,8069	0,1164	-0,0938	0,0378	2,9007	0,1223	23,7106	3	2,8069	0,1164
Midslope Drainages	2	423021	239	1,5913	0,0647	-0,3031	0,0432	1,8944	0,0778	24,351	2	1,5913	0,0647
Upper Slopes	7	427233	127	0,9489	0,0887	-0,113	0,0393	1,0619	0,0971	10,9408	7	0,9489	0,0887
Streams	1	220702	63	0,9083	0,126	-0,0509	0,0375	0,9592	0,1315	7,2967	1	0,9083	0,126
Valleys	4	356897	34	-0,1893	0,1715	0,0095	0,0367	-0,1987	0,1754	-1,133	4	-0,1893	0,1715
Open slopes	6	2837011	204	-0,4706	0,07	0,243	0,0419	-0,7136	0,0816	-8,7483	6	-0,4706	0,07
High Ridges	10	297374	18	-0,6428	0,2357	0,0217	0,0363	-0,6646	0,2385	-2,7865	10	-0,6428	0,2357
Local Ridges	8	25967	1	-1,0951	1	0,003	0,0359	-1,0981	1,0007	-1,0973	8	-1,0951	1
Midslope Ridges	9	422706	15	-1,1769	0,2582	0,0459	0,0363	-1,2228	0,2607	-4,6896	9	-1,1769	0,2582
Plains	5	1681161	0	-7,823	100	0,2877	0,0359	-8,1107	100	-0,0811	5	-7,823	100

*Table 11: Poids sur jeu de donnée complet – Landform TPI*

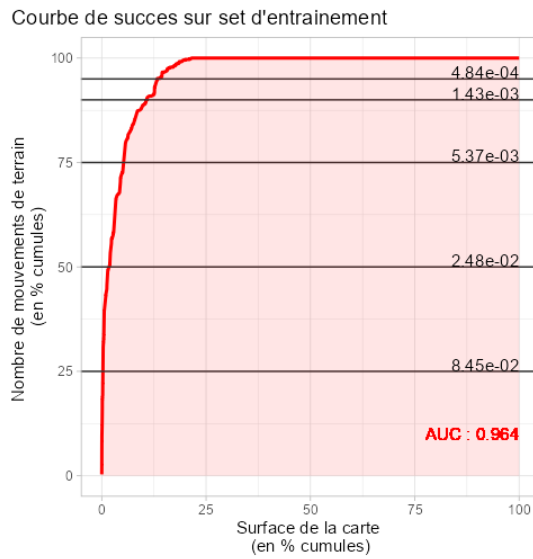
Nom_class	Class	Count	Point Count	W_Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	Stud, Contrast	Gen, Class	Weights	S_Weights
Upland Drainages	3	38894	74	2,8069	0,1164	-0,0938	0,0378	2,9007	0,1223	23,7106	3	2,8069	0,1164
Midslope Drainages	2	423021	239	1,5913	0,0647	-0,3031	0,0432	1,8944	0,0778	24,351	2	1,5913	0,0647
Upper Slopes	7	427233	127	0,9489	0,0887	-0,113	0,0393	1,0619	0,0971	10,9408	7	0,9489	0,0887
Streams	1	220702	63	0,9083	0,126	-0,0509	0,0375	0,9592	0,1315	7,2967	1	0,9083	0,126
Valleys	4	356897	34	-0,1893	0,1715	0,0095	0,0367	-0,1987	0,1754	-1,133	4	-0,1893	0,1715
Open slopes	6	2837011	204	-0,4706	0,07	0,243	0,0419	-0,7136	0,0816	-8,7483	6	-0,4706	0,07
High Ridges	10	297374	18	-0,6428	0,2357	0,0217	0,0363	-0,6646	0,2385	-2,7865	10	-0,6428	0,2357
Local Ridges	8	25967	1	-1,0951	1	0,003	0,0359	-1,0981	1,0007	-1,0973	8	-1,0951	1
Midslope Ridges	9	422706	15	-1,1769	0,2582	0,0459	0,0363	-1,2228	0,2607	-4,6896	9	-1,1769	0,2582
Plains	5	1681161	0	-7,823	100	0,2877	0,0359	-8,1107	100	-0,0811	5	-7,823	100

*Table 12: Poids sur jeu de donnée complet – Landform TPI*

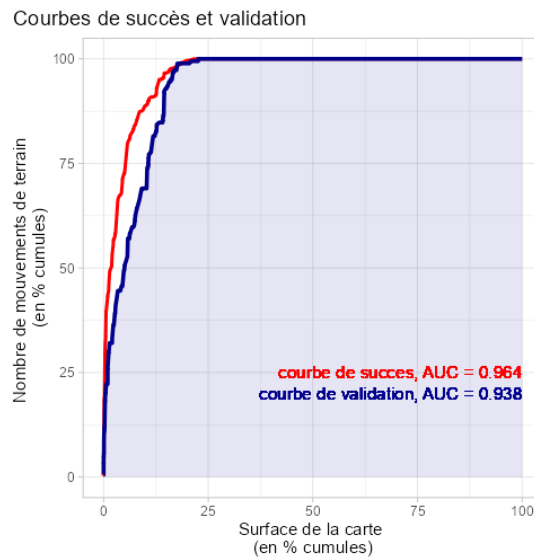
Nom_class	Class	Count	Point Count	W_Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	Stud, Contrast	Gen, Class	Weights	S_Weights
Upland Drainages	3	38894	74	2,8069	0,1164	-0,0938	0,0378	2,9007	0,1223	23,7106	3	2,8069	0,1164
Midslope Drainages	2	423021	239	1,5913	0,0647	-0,3031	0,0432	1,8944	0,0778	24,351	2	1,5913	0,0647
Upper Slopes	7	427233	127	0,9489	0,0887	-0,113	0,0393	1,0619	0,0971	10,9408	7	0,9489	0,0887
Streams	1	220702	63	0,9083	0,126	-0,0509	0,0375	0,9592	0,1315	7,2967	1	0,9083	0,126
Valleys	4	356897	34	-0,1893	0,1715	0,0095	0,0367	-0,1987	0,1754	-1,133	4	-0,1893	0,1715
Open slopes	6	2837011	204	-0,4706	0,07	0,243	0,0419	-0,7136	0,0816	-8,7483	6	-0,4706	0,07
High Ridges	10	297374	18	-0,6428	0,2357	0,0217	0,0363	-0,6646	0,2385	-2,7865	10	-0,6428	0,2357
Local Ridges	8	25967	1	-1,0951	1	0,003	0,0359	-1,0981	1,0007	-1,0973	8	-1,0951	1
Midslope Ridges	9	422706	15	-1,1769	0,2582	0,0459	0,0363	-1,2228	0,2607	-4,6896	9	-1,1769	0,2582
Plains	5	1681161	0	-7,823	100	0,2877	0,0359	-8,1107	100	-0,0811	5	-7,823	100

## SUR LES JEUX DE DONNEES D'ENTRAINEMENT ET DE VALIDATION

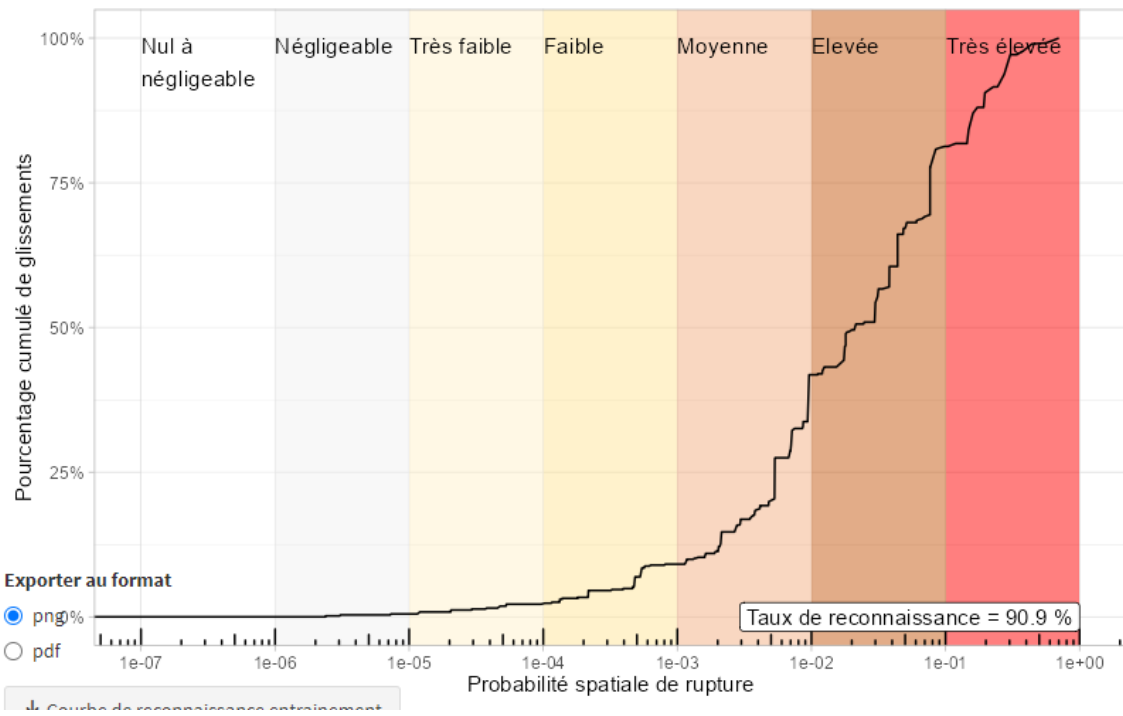
Courbe de succes et aire sous la courbe



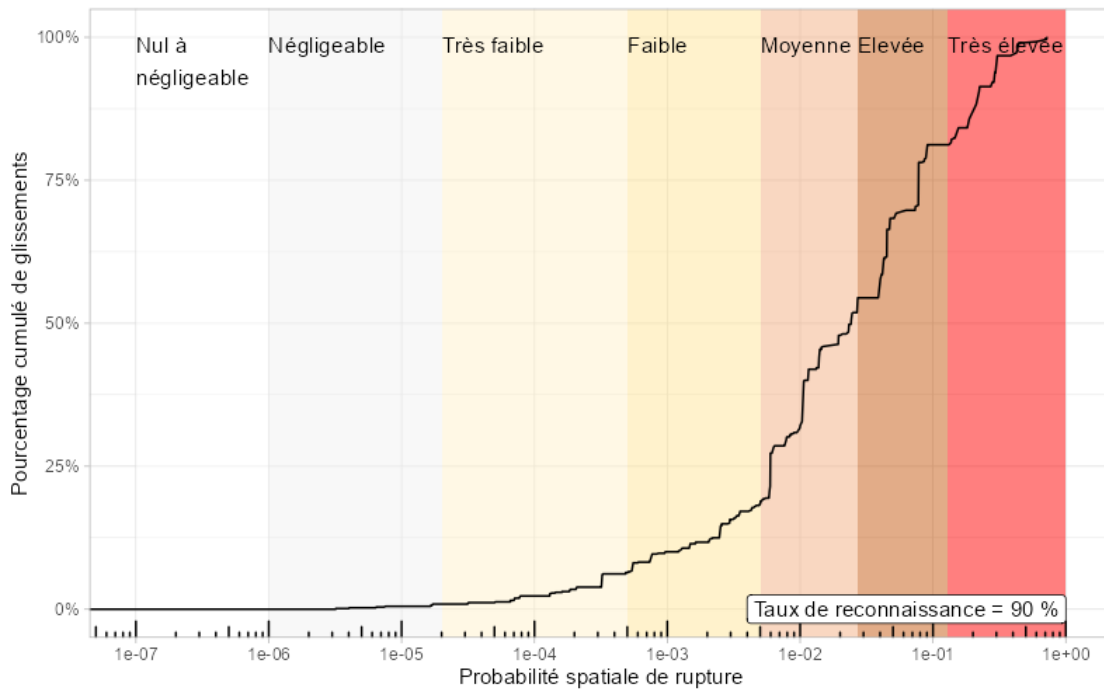
Courbe de validation



## COURBE DE RECONNAISSANCE SUR SET D'ENTRAINEMENT



## SET COMPLET



## METHODE GEOL 50K

## TABLE DES POIDS

Table 13: Poids sur jeu de donnée complet – SIGEOL 50 000

Nom_class	Class	Count	Point Count	W_Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	Stud, Contrast	Gen, Class	Weights	S_Weights
Décharges minières et remblais	12	10689	40	2,7437	0,1584	-0,0172	0,0221	2,7609	0,16	17,2611	12	2,7437	0,1584
Latérites minces	19	607136	399	1,0012	0,0501	-0,1395	0,0244	1,1407	0,0557	20,4786	19	1,0012	0,0501
Péridotites	21	2449548	1584	0,985	0,0251	-1,1	0,0449	2,085	0,0515	40,5184	21	0,985	0,0251
Latérites indifférenciées	18	82071	42	0,7509	0,1543	-0,0102	0,0222	0,7611	0,1559	4,881	18	0,7509	0,1543
Cuirasse	11	32940	6	-0,2824	0,4083	0,001	0,022	-0,2834	0,4089	-0,6932	11	-0,2824	0,4083
Latérites épaisses	17	175097	9	-1,5477	0,3333	0,0172	0,022	-1,565	0,3341	-4,6846	17	-1,5477	0,3333
Colluvions indifférenciées	8	15685	0	-2,9026	100	0,002	0,0219	-2,9046	100	-0,029	8	-2,9026	100
Colluvions à blocs (ultra)	7	21823	0	-3,2329	100	0,003	0,0219	-3,2359	100	-0,0324	7	-3,2329	100
Grès et silt	16	30291	0	-3,5607	100	0,004	0,0219	-3,5648	100	-0,0356	16	-3,5607	100
Siltites	24	50450	0	-4,0709	100	0,006	0,0219	-4,0769	100	-0,0408	24	-4,0709	100
Conglomérats et grès	9	63114	0	-4,2948	100	0,008	0,0219	-4,3029	100	-0,043	9	-4,2948	100
Laves indifférenciées	20	72107	0	-4,428	100	0,009	0,0219	-4,4371	100	-0,0444	20	-4,428	100
Formations littorales indifférenciées	14	84261	0	-4,5838	100	0,0101	0,0219	-4,5939	100	-0,0459	14	-4,5838	100
Calcaires	6	101704	0	-4,772	100	0,0121	0,0219	-4,784	100	-0,0478	6	-4,772	100
Flysch	13	182109	0	-5,3545	100	0,0222	0,0219	-5,3767	100	-0,0538	13	-5,3545	100
Coulée de débris	10	192391	0	-5,4094	100	0,0233	0,0219	-5,4327	100	-0,0543	10	-5,4094	100
Serpentinites	23	199099	0	-5,4437	100	0,0243	0,0219	-5,468	100	-0,0547	23	-5,4437	100
Argilites et cherts	2	201938	0	-5,4579	100	0,0243	0,0219	-5,4821	100	-0,0548	2	-5,4579	100
Schistes (bo)	22	235575	0	-5,6119	100	0,0284	0,0219	-5,6403	100	-0,0564	22	-5,6119	100
Argilites et siltites	3	286440	0	-5,8074	100	0,0346	0,0219	-5,842	100	-0,0584	3	-5,8074	100
Basaltes	4	589472	0	-6,5291	100	0,0715	0,0219	-6,6006	100	-0,066	4	-6,5291	100
Brèches	5	728681	0	-6,7411	100	0,0888	0,0219	-6,83	100	-0,0683	5	-6,7411	100
Grès	15	860619	0	-6,9075	100	0,1054	0,0219	-7,0129	100	-0,0701	15	-6,9075	100
Alluvions	1	1332687	0	-7,3448	100	0,1684	0,0219	-7,5133	100	-0,0751	1	-7,3448	100

Table 14: Poids sur jeu de donnée complet – Landform TPI

Nom_class	Class	Count	Point Count	W_Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	Stud, Contrast	Gen, Class	Weights	S_Weights
Upland Drainages	3	66744	147	2,2121	0,0826	-0,0656	0,0227	2,2777	0,0856	26,5946	3	2,2121	0,0826
Midslope Drainages	2	583076	761	1,6879	0,0363	-0,3853	0,0275	2,0732	0,0455	45,5237	2	1,6879	0,0363
Streams	1	401247	183	0,6357	0,0739	-0,044	0,023	0,6797	0,0774	8,7786	1	0,6357	0,0739
Upper Slopes	7	684322	256	0,4374	0,0625	-0,049	0,0234	0,4864	0,0668	7,2865	7	0,4374	0,0625
Open slopes	6	3463799	560	-0,4017	0,0423	0,2008	0,0257	-0,6025	0,0494	-12,1875	6	-0,4017	0,0423
Valleys	4	601400	84	-0,548	0,1091	0,0317	0,0224	-0,5797	0,1114	-5,2045	4	-0,548	0,1091
Midslope Ridges	9	602235	49	-1,0884	0,1429	0,0483	0,0222	-1,1367	0,1446	-7,8623	9	-1,0884	0,1429
High Ridges	10	462376	36	-1,1325	0,1667	0,0384	0,0221	-1,1708	0,1681	-6,9636	10	-1,1325	0,1667
Local Ridges	8	56257	4	-1,2232	0,5	0,005	0,022	-1,2283	0,5005	-2,4541	8	-1,2232	0,5
Plains	5	1688624	0	-7,5816	100	0,2182	0,0219	-7,7997	100	-0,078	5	-7,5816	100

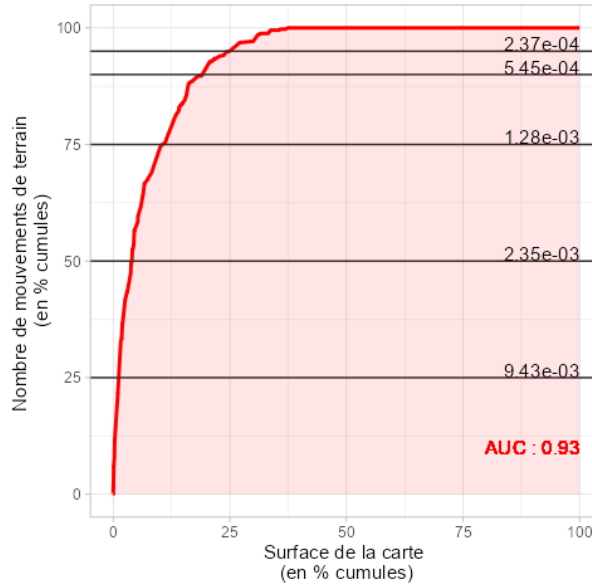
Table 15: Poids sur jeu de donnée complet – Pente

Nom_class	Class	Count	Point Count	W_Plus	S_WPlus	W_Minus	S_WMinus	Contrast	S_Contrast	Stud, Contrast	Gen, Class	Weights	S_Weights
0-5°	1	1776159	0	-7,6321	100	0,2307	0,0219	-7,8628	100	-0,0786	1	-7,6321	100
5-10°	2	850734	1	-5,3258	1	0,1043	0,0219	-5,43	1,0002	-5,4287	2	-5,3258	1
10-15°	3	763908	4	-3,8318	0,5	0,0912	0,022	-3,923	0,5005	-7,8385	3	-3,8318	0,5
15-20°	4	886008	27	-2,0705	0,1925	0,0956	0,0221	-2,1661	0,1937	-11,1822	4	-2,0705	0,1925
20-25°	5	998865	56	-1,4609	0,1336	0,0959	0,0222	-1,5568	0,1355	-11,4919	5	-1,4609	0,1336
25-30°	6	1036692	141	-0,5746	0,0842	0,0574	0,0227	-0,632	0,0872	-7,245	6	-0,5746	0,0842
30-35°	7	874861	353	0,5131	0,0532	-0,0787	0,0241	0,5919	0,0584	10,131	7	0,5131	0,0532
35-40°	8	716969	620	1,2759	0,0402	-0,2672	0,0262	1,5431	0,048	32,1793	8	1,2759	0,0402
40-45°	9	497079	623	1,6474	0,0401	-0,2969	0,0262	1,9443	0,0479	40,5979	9	1,6474	0,0401
45-50°	10	176005	186	1,4766	0,0734	-0,073	0,023	1,5496	0,0769	20,1571	10	1,4766	0,0734
50-55°	11	29410	63	2,1843	0,1261	-0,0275	0,0223	2,2117	0,1281	17,2691	11	2,1843	0,1261
>55°	12	3390	6	1,993	0,4086	-0,003	0,022	1,996	0,4092	4,8779	12	1,993	0,4086

## SUR LES JEUX DE DONNEES D'ENTRAINEMENT ET DE VALIDATION

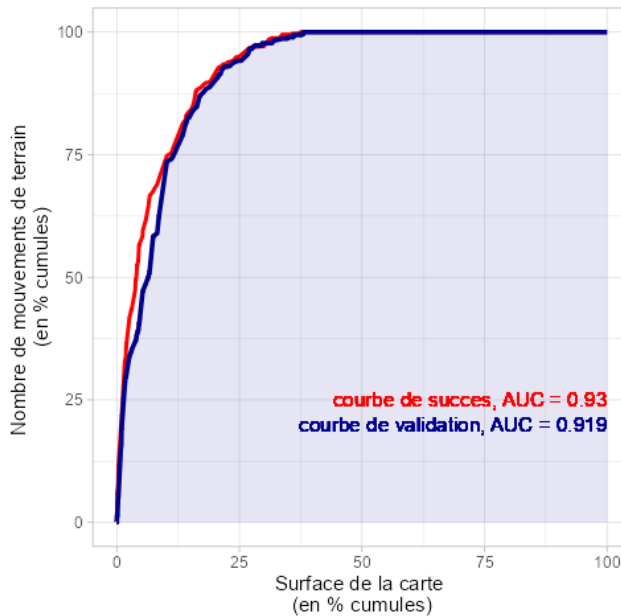
Courbe de succes et aire sous la courbe

Courbe de succes sur set d'entrainement

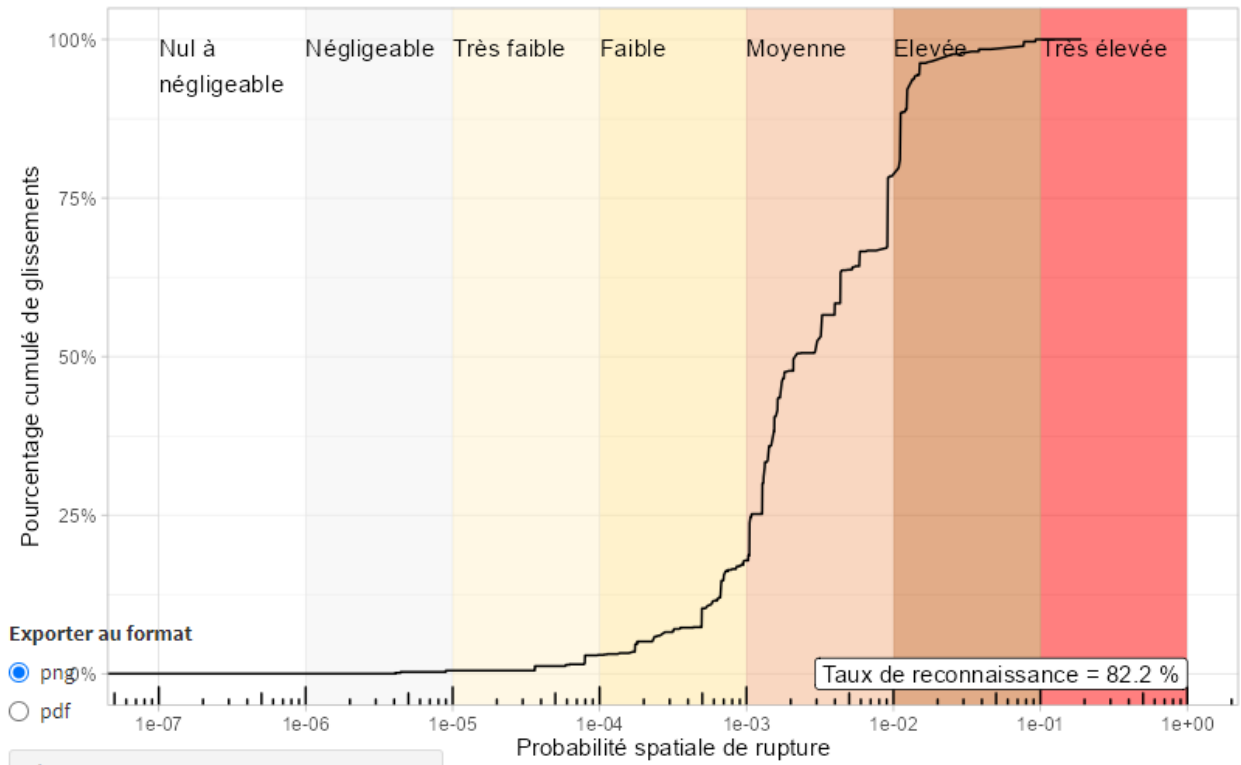


Courbe de validation

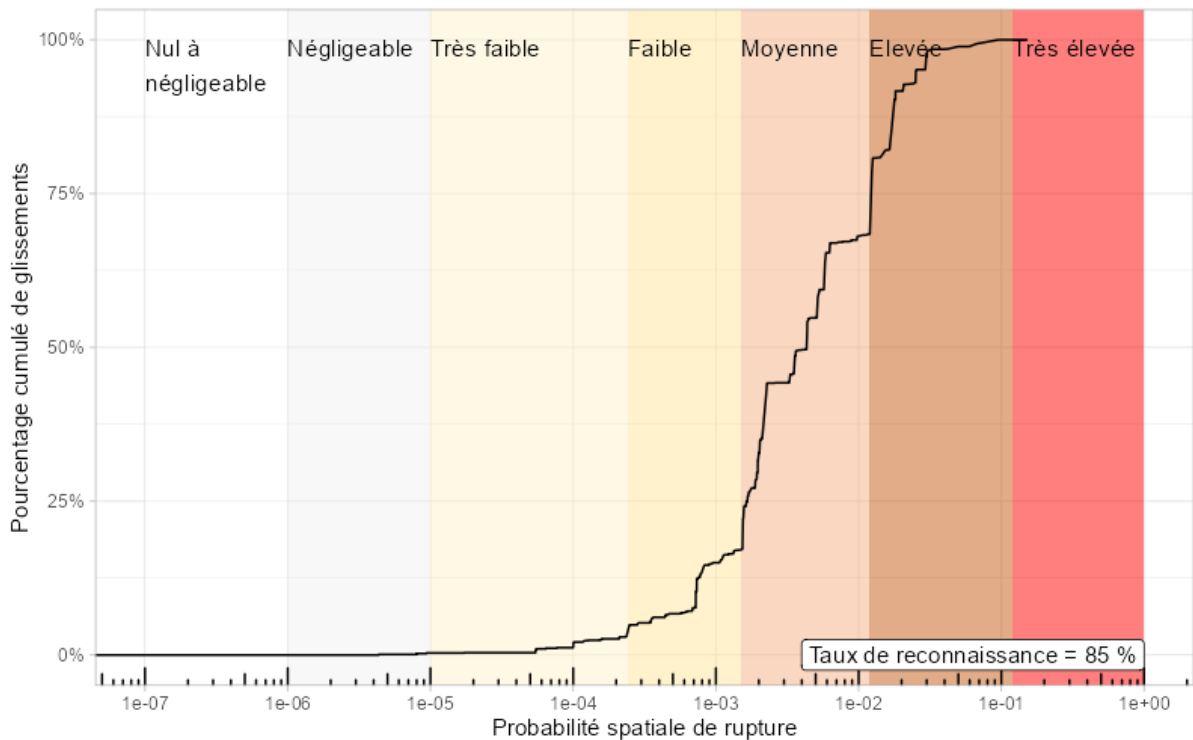
Courbes de succès et validation



## COURBE DE RECONNAISSANCE SUR SET D'ENTRAINEMENT



## SET COMPLET



## **PROBABILITE ANNUELLE DE RUPTURE**

probabilité de rupture spatiale	valeur raster	Npix classe	Npix gliss	proba spatio temporelle	classe seuill jtc1	classe propag annuelle sélectionnée	aléa résultant	aléa retenu
nulle à négligeable	1	4984988	NA	NA	nulle à négligeable	<b>nulle à négligeable</b>	très faible	<b>nul à négligeable</b>
négligeable	2	443237	3	1.54E-07	négligeable	<b>négligeable</b>	faible	<b>très faible</b>
très faible	3	813026	41	1.15E-06	très faible	<b>très faible</b>	modéré	<b>très faible</b>
faible	4	1069919	132	2.80E-06	très faible	<b>très faible</b>	modéré	<b>faible</b>
moyenne	5	1090177	498	1.04E-05	faible	<b>très faible</b>	modéré	<b>modéré</b>
forte	6	190029	312	3.73E-05	faible	<b>faible</b>	élevé	<b>élevé</b>
très forte	7	17525	64	8.30E-05	faible	<b>faible</b>	élevé	<b>élevé</b>

## 8.4 Annexe 4 – Méthode d'évaluation de l'aléa mouvement de terrain

### DEFINITIONS ET PRINCIPES

L'aléa correspond à la probabilité spatiale (susceptibilité) et temporelle (période de retour) qu'un type de phénomène d'une certaine intensité se produise sur un territoire pour une période temporelle donnée (Cruden et Fell, 1997 ; Fell et al., 2005).

La qualité des données et les objectifs recherchés conditionnent l'approche d'évaluation de l'aléa. Pour la commune, des méthodes dites « sophistiquées » axées sur des approches quantitatives sont retenues au regard du travail d'inventaire réalisé. Ces méthodes intègrent la dimension spatiale et la composante temporelle. Elles sont fondées sur des analyses statistiques / probabilistes.

### ALEA DE REFERENCE

Selon le guide PPRn « Risques de mouvement de terrain » il convient de déterminer l'aléa de référence (phénomène d'occurrence et d'intensité données servant de référence pour définir la cartographie) dans un secteur homogène donné afin de prévoir au mieux le phénomène qui pourrait se produire et dont il faut protéger les populations et les biens concernés.

Cet aléa est décrit conventionnellement comme le « plus fort événement historique connu dans le site, sauf si une analyse spécifique conduit à considérer comme vraisemblable à échéance centennale, ou plus en cas de danger humain, un événement de plus grande ampleur. ». Un événement exceptionnel d'occurrence géologique n'est pas, par principe, pris en considération.

Il est traditionnellement retenu d'approcher l'aléa de référence au travers de scénarios dits « de référence », qui doivent spécifier en particulier l'intensité des phénomènes et les conditions de propagation. Plusieurs scénarios de référence peuvent être proposés pour construire l'aléa de référence. Pour la cartographie à échelle du 1 :25 000ème, l'intensité de l'aléa de référence est définie à partir d'un scénario qualifié de probable, non nécessairement maximal.

La période retenue pour qualifier l'aléa de référence est le siècle (probabilité qu'un événement d'un type se déclenche dans les 100 ans à venir).

Les phénomènes objet de cartes d'aléa sont issus de la typologie des mouvements définie dans le rapport méthodologique et de l'inventaire communal réalisé :

- GG : Glissement dans matériaux grossiers
- GF : Glissement dans matériaux fins
- LT : Lave-torrentielle
- CB : Chute de blocs ou éboulements

Les phénomènes de « Grand glissement de versant » (GGV) ne font pas l'objet de cartes d'aléa car aucune méthode ne permet d'appréhender raisonnablement cet aléa à l'échelle des communes. De plus l'occurrence de ce type de phénomène dépasse l'échelle centennale. Les phénomènes repérés géomorphologiquement (actifs-latents ou dormants-stabilisés) sont toutefois reportés sur les cartes d'aléa produites.

La méthode déployée pour définir l'**aléa** (par type de phénomène) consiste à définir pour un phénomène d'intensité donnée (définie comme intensité de l'aléa de référence), la probabilité

(spatiale et temporelle) d'atteinte en tout point du territoire, et pendant une période de référence considérée (ici le siècle).

### DETERMINATION DE L'INTENSITE DES PHENOMENES

La notion d'intensité traduit l'ampleur du phénomène (volume mobilisé, dynamique, énergie...). Elle présume de ses conséquences (dommages). Dans le cadre du projet, l'intensité est appréhendée différemment selon le type de phénomène considéré. Pour les phénomènes de chutes de blocs (CB), la classification retenue pour qualifier l'intensité des phénomènes est :

Indices d'intensité	Description	Indications sur les dommages
<b>Faible</b>	Le volume unitaire pouvant se propager est supérieur à 0,05 m <sup>3</sup> mais inférieur ou égal à 0,25 m <sup>3</sup> (50 à 250 litres)	Peu de dommage au gros œuvre, perturbation des activités humaines.
<b>Moyen</b>	Le volume unitaire pouvant se propager est supérieur ou égal à 0,25 m <sup>3</sup> mais inférieur ou égal à 1 m <sup>3</sup>	Dommage au gros œuvre sans ruine. Intégrité structurelle sollicitée.
<b>Fort</b>	Le volume unitaire pouvant se propager est supérieur à 1 m <sup>3</sup> mais inférieur ou égal à 10 m <sup>3</sup>	Dommage important au gros œuvre. Ruine probable. Intégrité structurelle remise en cause.
<b>Très fort</b>	Le volume unitaire pouvant se propager dépasse 10 m <sup>3</sup>	Destruction du gros œuvre. Ruine certaine. Perte de toute intégrité structurelle

#### Echelle d'intensité retenue pour les chutes de blocs (CB)

Pour les autres phénomènes (LT, GG, GF) la vitesse est privilégiée pour qualifier l'intensité au regard des données effectivement accessibles :

Vitesse			Conséquences		Intensité	Phénomène NC	
mm/s	typique	Qualification	Impacts	Réponse			
5000 =>	5 m/s	ER	Catastrophe majeure	-	Très élevée	LT	
		TR	Structure détruite				
50 =>	3 m/min	R	Structure détruite, possible évacuation	Evacuation	Modérée	GF	
0.5 =>	1,8 m/h		M				Qq structures résistent
0.005 =>	13 m/mois		L				Possibles intervention travaux
0.00005 =>	1,6 m/an	TL	Structure peu endommagées	Intervention			
0.000005 =>	16 mm/an		EL				Imperceptible

ER.extrêmement rapide / TR.Très rapide / R.Rapide / M.Modérée / L.Lent / TL.Très lent / EL.extrêmement lent

#### Echelle d'intensité retenue pour GG, GF, LT

## DETERMINATION DE L'ATTEINTE DES PHENOMENES

L'évaluation de l'occurrence du phénomène (ou atteinte) intègre la rupture et la propagation de celui-ci. La rupture intègre une dimension temporelle alors que la propagation est indépendante du temps (une fois enclenché le mouvement se propage plus ou moins loin dans les versants). Les deux évaluations (rupture et propagation) sont donc menées successivement : analyse de la rupture (dimension spatiale et temporelle du phénomène) puis celle de la propagation (composante spatiale uniquement).

### RUPTURE

Pour les LT, GG et GF, la méthode déployée consiste à pondérer l'influence des facteurs de prédisposition définis par la typologie de chaque phénomène. Ce travail s'appuie sur des visites de terrain et du traitement géomatique (SIG). Pour l'analyse à l'échelle communale, les facteurs pris en compte sont :

- SUBSTRAT : nature géologique du substratum rocheux ;
- FORM\_SUP : nature lithologique des formations superficielles ;
- LANDFORM : paramètre décrivant les paysages et les morphologies (versants, crêtes, talwegs, etc...) ;
- PENTE : pente des terrains évaluée à l'échelle des données topographiques valorisées.

A l'échelle des cartes communales, la méthode déclinée est une analyse statistique qui s'intéresse aux lois de probabilité qui régissent la rupture et la propagation du phénomène. Elle permet de mettre à jour l'estimation de l'atteinte spatiale de celui-ci et s'appuie sur les observations de terrains et d'inventaire.

Le calcul des probabilités de rupture pour chaque type de phénomène est réalisé avec 50% des événements (50% des cellules représentant les enveloppes de rupture) tirés aléatoirement sur un secteur de calage. Les pondérations sont ensuite intégrées sur l'ensemble du territoire pour chaque classe de variable et le taux de reconnaissance des événements non inclus initialement est évalué.

La cartographie de la rupture est déclinée spatialement (susceptibilité). À l'aide des données d'inventaire par période, la probabilité spatiale et temporelle est évaluée. Les coupures des différentes classes de probabilité de rupture (et d'atteinte in fine) s'appuient sur les travaux du JTC-1<sup>4</sup>, adaptées au programme ci-après:

---

<sup>4</sup> Joint Technical Committee (JTC-1) : Le « Joint International Societies Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes » (ISSMGE, ISRM, IAEG) a préparé des directives cadrant les définitions et terminologies à utiliser sur le plan international ainsi que les méthodes, moyens et résultats attendus pour la cartographie des aléas et le zonage de risques associés aux mouvements de terrain (« Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning ». Fell et al., 2008).

		Probabilité annuelle d'occurrence	Qualification de l'activité sur 100 ans (période de référence)
Probabilité de rupture (et d'atteinte)	Nul à négligeable	$< 10^{-7}$	Improbable ... .. moins d'une "chance" sur 100 000
	Négligeable	$10^{-7}$ à $10^{-6}$	Très incertaine ... .. moins d'une "chance" sur 10 000
	Très faible	$10^{-6}$ à $10^{-5}$	Incertaine ... .. jusque 1 "chance" sur 1 000
	Faible	$10^{-5}$ à $10^{-4}$	Peu probable ... .. jusque 1 "chance" sur 100
	Moyen	$10^{-4}$ à $10^{-3}$	Possible ... .. jusque # 1 "chance" sur 10
	Elevée	$10^{-3}$ à $10^{-2}$	Probable ... .. > 1 "chance" sur 10
	Très élevée	$> 10^{-2}$	Certaine ... .. phénomène attendu

**Classes retenues pour la qualification de l'occurrence des phénomènes (rupture et/ou atteinte)**

Pour les chutes de blocs (CB), une approche spécifique est déclinée compte tenu de la difficulté d'inventorier complètement les événements à l'échelle considérée. Cette approche, détaillée dans le rapport méthodologique, définit la probabilité de rupture comme une fonction de la probabilité de présence d'escarpement rocheux et de l'activité géologique (exprimée par surface concernée, en nombre de chute du volume de l'intensité de référence pendant la période de référence).

**PROPAGATION**

Pour la propagation des phénomènes les approches diffèrent selon les aléas considérés. Les analyses, calage des modèles et résultats types sont décrits en détail dans le rapport méthodologique et résumés à la suite pour les phénomènes étudiés.

**GG (GLISSEMENTS GROSSIERS), GF (GLISSEMENTS FINS) ET LT (LAVE TORRENTIELLES)**

Pour les glissements, fins ou grossiers et les laves torrentielles une modélisation numérique<sup>5</sup> a été mise en œuvre. Cette modélisation a permis de réaliser une délimitation semi-automatique des secteurs sources, mais également une évaluation du périmètre d'atteinte. L'application du modèle nécessite deux étapes fondées sur un modèle numérique de terrain (MNT) :

- les zones sources sont d'abord identifiées ;
- les flux de débris sont propagés à partir de ces sources sur la base de lois de frottement (angle de ligne d'énergie) et les algorithmes de direction d'écoulement (voir rapport méthodologique). Le volume d'écoulement des débris, et de fait les hauteurs des masses propagées, ne sont pas évalués.

Le paramétrage est empirique, basé sur des rétro-calages d'évènement passés, selon le type de phénomène à cartographier. Les paramètres de calage de l'outil sont :

- La ligne d'énergie, évaluée à partir des retours d'expérience des évènements cartographiés ;
- La vitesse présumée des mouvements (# 10 m.s-1 au maximum) ;
- Le mode de dispersion latérale définie suivant des modèles d'étalement.

<sup>5</sup> Avec l'outil Flow-R (Flow path assessment of gravitational hazards at Regional scale, Horton et al., 2013), Flow-R est un modèle empirique distribué pour l'évaluation de la susceptibilité aux mouvements gravitaires

Les différents aléas sont modélisés séparément. Le modèle définit des valeurs normalisées ou absolues pour les zones sources initiales. Ces valeurs sont ensuite propagées et représentent une notion de poids relatif de l'aléa. Une fois normalisées, les valeurs ne dépassent jamais 1, et se rapprochent ainsi d'une notion de probabilité spatiale.

### CB (CHUTES DE BLOCS)

La propagation des chutes de blocs et éboulements est évaluée à partir de l'application de la méthode dite de la ligne d'énergie déclinée en 3D<sup>6</sup>. La méthode de la ligne d'énergie trouve son fondement scientifique dans les phénomènes de grande ampleur. En effet, elle assimile la phase de propagation des blocs à une phase de glissement sur un plan et permet d'obtenir l'extension du phénomène (distance de propagation).

Compte tenu de la possibilité de déviation des trajectoires des blocs que ce soit à cause de leur forme ou des obstacles rencontrés, les masses ébouées peuvent donc progresser dans un cône, appelé cône de propagation. Ce cône a une pente  $\beta$  (avec l'horizontale) et son sommet est placé au niveau de la zone de départ. Ainsi, plus l'angle est élevé, plus la distance de propagation est limitée.

En ce qui concerne la valeur de l'angle du cône de déviation, celle-ci dépend de la configuration topographique du versant étudié. Les retours d'expérience de plusieurs centaines d'éboulements rocheux montrent que les angles de ligne d'énergie correspondant à des chutes de blocs isolés sont quasi systématiquement supérieurs à 22-26°. Dans des contextes morphologiques particuliers tels que des parois rocheuses au droit de zone de plaine, ces valeurs peuvent atteindre voire dépasser 45°. La valeur la plus communément utilisée est de l'ordre de 30°.

### OCCURRENCE (OU ATTEINTE)

L'atteinte est calculée en considérant pour une source unique que la probabilité d'atteinte en un point est le produit de la probabilité de rupture et de la probabilité de propagation. Dans le cas où plusieurs secteurs sources sont concernés, la probabilité d'atteinte est définie comme la plus forte probabilité calculée.

De façon simplifiée, la qualification de l'atteinte repose sur une matrice croisant rupture et propagation (multiplication des probabilités). Cette matrice qualifiant l'atteinte, **commune à tous les aléas** est proposée ci-dessous :

---

<sup>6</sup> Avec l'outil ConeFall développé et l'EPFL (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne) et QUANTERRA (<https://quanterra.ch/resources/software/>).

		Probabilité de propagation						
		1	2	3	4	5	6	7
Probabilité annuelle de rupture		Négligeable	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte	Extrêmement forte
		$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	1
1	Négligeable	Nulle à négligeable						Négligeable
2	Très faible	Nulle à négligeable					Négligeable	Très faible
3	Faible	Nulle à négligeable				Négligeable	Très faible	Faible
4	Moyen	Nulle à négligeable			Négligeable	Très faible	Faible	Moyenne
5	Fort	Nulle à négligeable		Négligeable	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée
6	Très fort	Nulle à négligeable	Négligeable	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
7	Extrêmement forte	Négligeable	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée	Très élevée

**Matrice d'atteinte (ou occurrence) croisant rupture et propagation des aléas**

### ALEA RESULTANT

L'aléa résultant par phénomène est élaboré par croisement de l'occurrence avec l'intensité. La matrice de croisement est homogène quel que soit le phénomène considéré. Les classes pour qualifier les atteintes sont celles définies pour la rupture. L'évaluation de l'intensité des phénomènes varie selon le type (§ INTENSITE) :

		Intensité					
		Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée	
Classe d'atteinte	1	Nulle à négligeable	Nul à négligeable	Nul à négligeable	Nul à négligeable	Très faible	Très faible
	2	Négligeable	Nul à négligeable	Nul à négligeable	Très faible	Faible	Faible
	3	Très faible	Nul à négligeable	Très faible	Faible	Modéré	Modéré
	4	Faible	Nul à négligeable	Faible	Modéré	Elevée	Elevée
	5	Moyenne	Très faible	Modéré	Modéré	Elevée	Elevée
	6	Elevée	Faible	Modéré	Elevée	Elevée	Très élevée
	7	Très élevée	Faible	Modéré	Elevée	Très élevée	Très élevée

**Matrice retenue pour la cartographie de l'aléa**



## 8.5 Annexe 5 – Application sur la commune de BOULOUPARIS

### PARAMETRES VALORISES POUR LA COMMUNE DE BOULOUPARIS

Pour l'analyse à l'échelle communale, l'évaluation de l'aléa de rupture est menée suivant la méthode décrite dans le rapport méthodologique (BRGM/RP-72236-FR / DIMENC/SGNC-2022(20)). Les facteurs intégrés sont :

- SUBSTRAT : nature géologique du substratum rocheux ;
- FORM\_SUP : nature lithologique des formations superficielles ;
- LANDFORM : paramètre intégrateur descriptif de paysages et de morphologies (versants, crêtes, talwegs, etc...), il est calculé avec la méthode d'Iwashita and Pike (2007) ;
- TPI : paramètre intégrateur descriptif de paysages et de morphologies (versants, crêtes, talwegs, etc...) calculé selon la méthode proposée par Jones et al. (2000). Cet indice permet de classer le territoire suivant 10 types de morphologies ;
- PENTE : pente des terrains évaluée à l'échelle des données topographiques valorisée.

La méthodologie générale est détaillée pour chaque phénomène (GG, GF, LT) dans le rapport méthodologique, et est rappelée en annexe 0. Cependant, pour chaque typologie de phénomène, les données d'entrées et divers paramètres diffèrent :

- pour le calcul de la probabilité de rupture les données d'entrées ne sont pas les mêmes ;
- les paramètres entrés dans le modèle de propagation FlowR sont ajustés pour chaque type de phénomène. La distribution des valeurs de ligne d'énergie calculées pour les données d'inventaire communal est valorisée pour paramétrer le modèle ;
- Enfin, les valeurs de seuils de classe pour les cartes de probabilité de rupture spatiale et spatio-temporelle peuvent être ajustées à la marge de manière experte par rapport aux seuils proposés par le JTC1 (Fell et al, 2008).

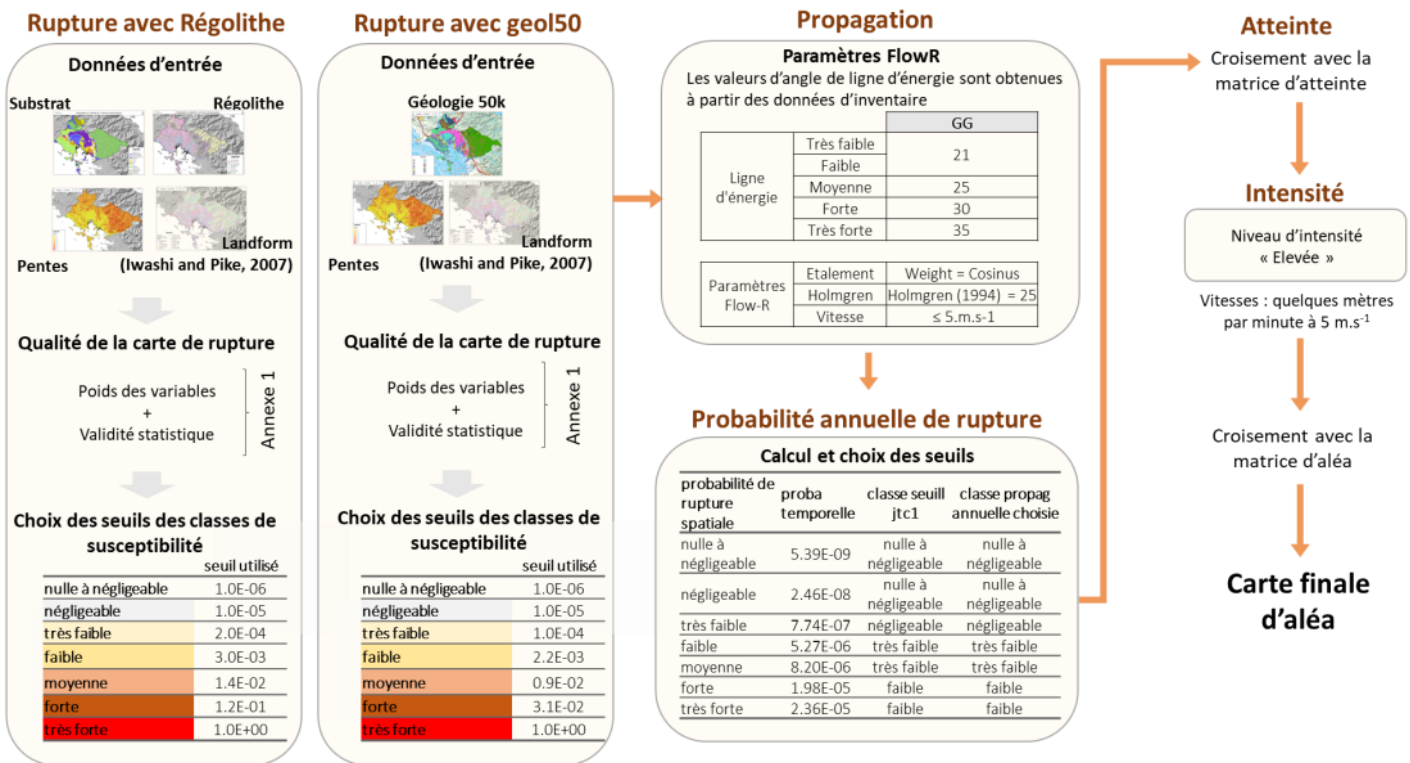
Pour les chutes de blocs, l'approche est différente et également détaillée dans le rapport méthodologique. Les paragraphes suivants présentent les paramètres d'entrée valorisés et les résultats pour les quatre phénomènes considérés (GG, GF, LT et CB). Les paramètres de l'approche statistique (GG, GF et LT) sont fournis en annexe 8.3.

Les paramètres spécifiques à la création des différentes cartes d'aléas sur la commune d'aléas sont rappelés sur les illustrations suivantes pour chaque type d'aléa carté :

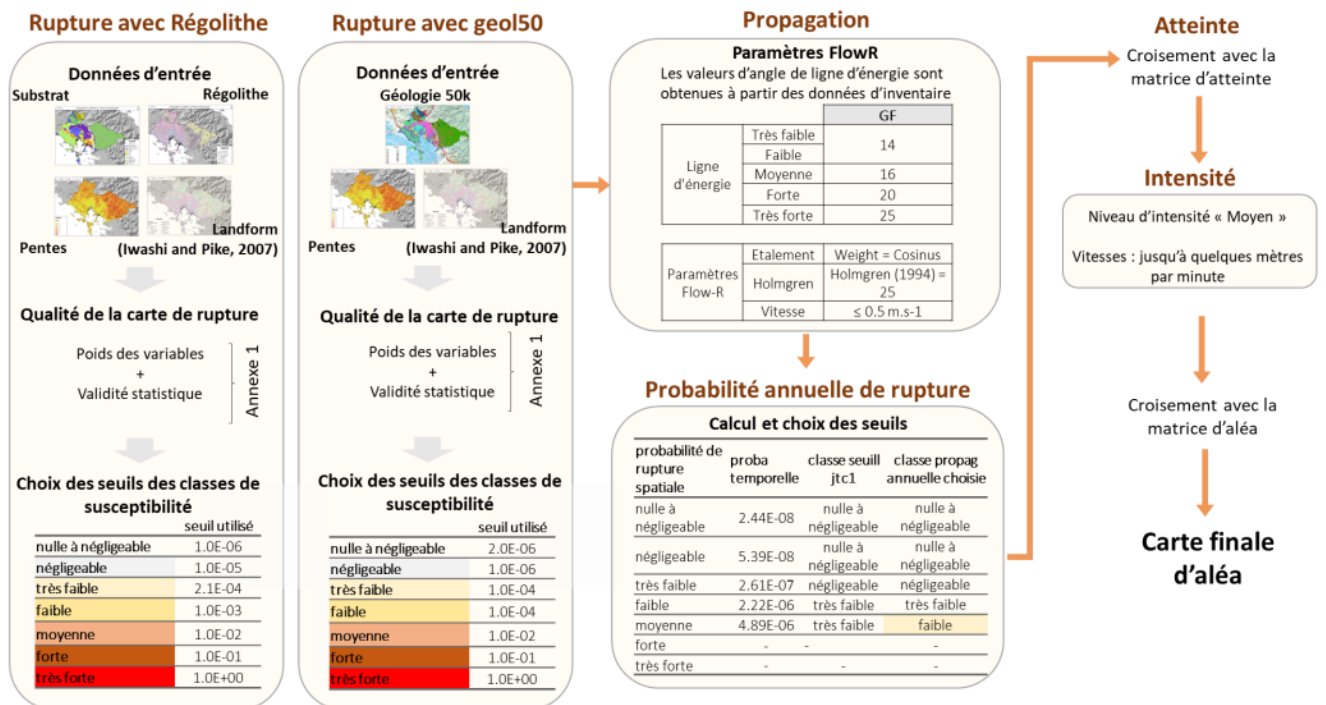




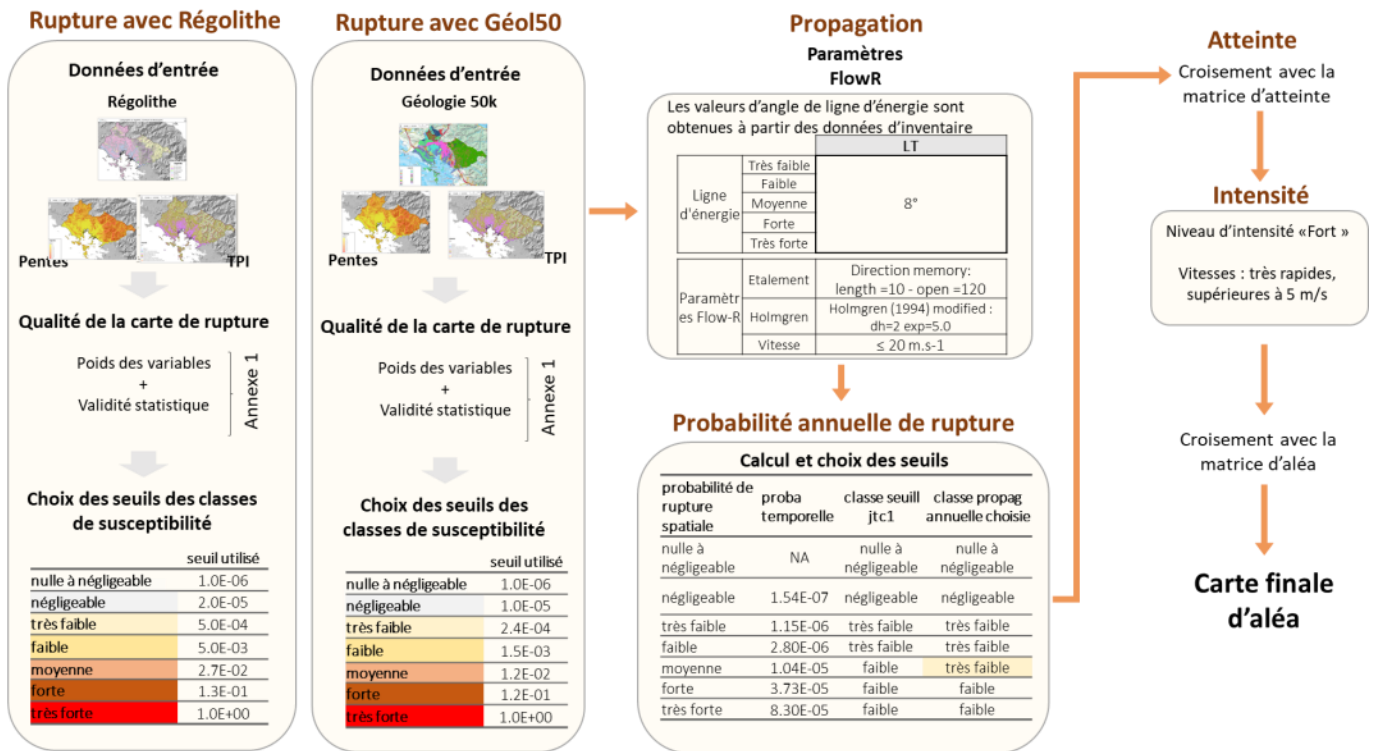




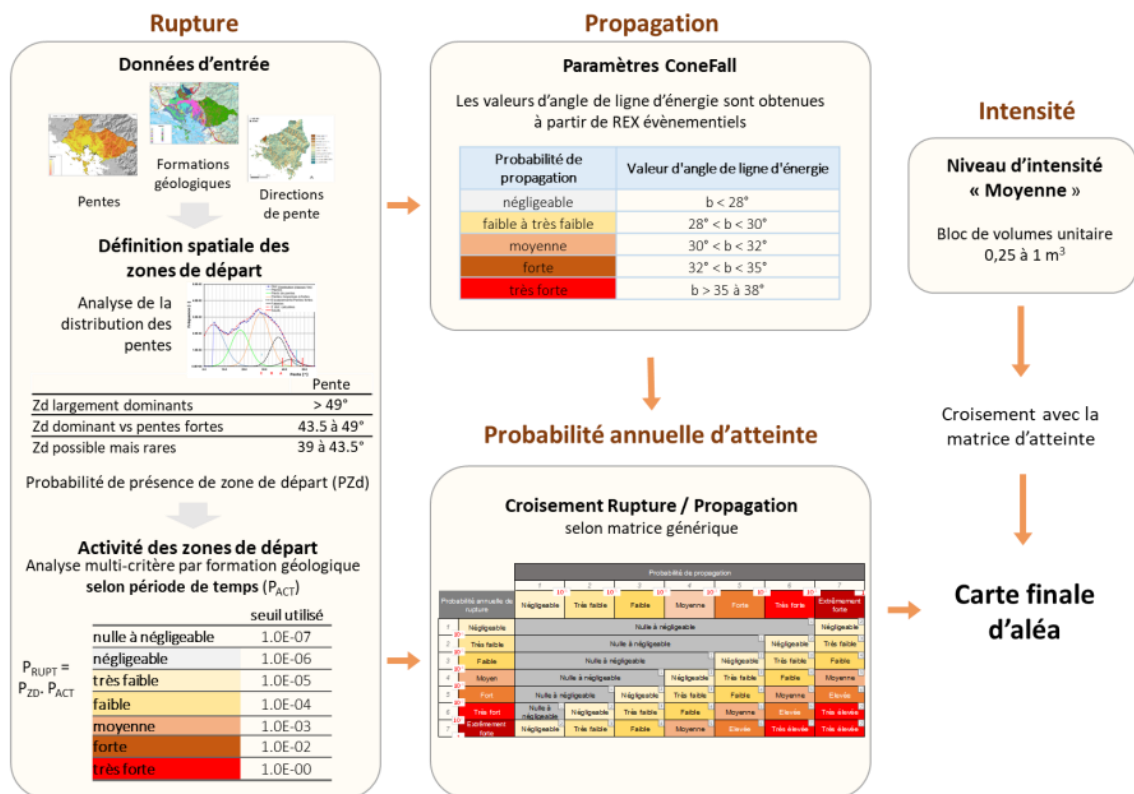
Paramètres et valeurs de seuils utilisés pour calculer la carte d'aléa des glissements grossiers sur la commune de Boulouparis



Paramètres et valeurs de seuils utilisés pour calculer la carte d'aléa des glissements fins sur la commune de Boulouparis



Paramètres et valeurs de seuils utilisés pour calculer la carte d'aléa des laves torrentielles sur la commune de Boulouparis



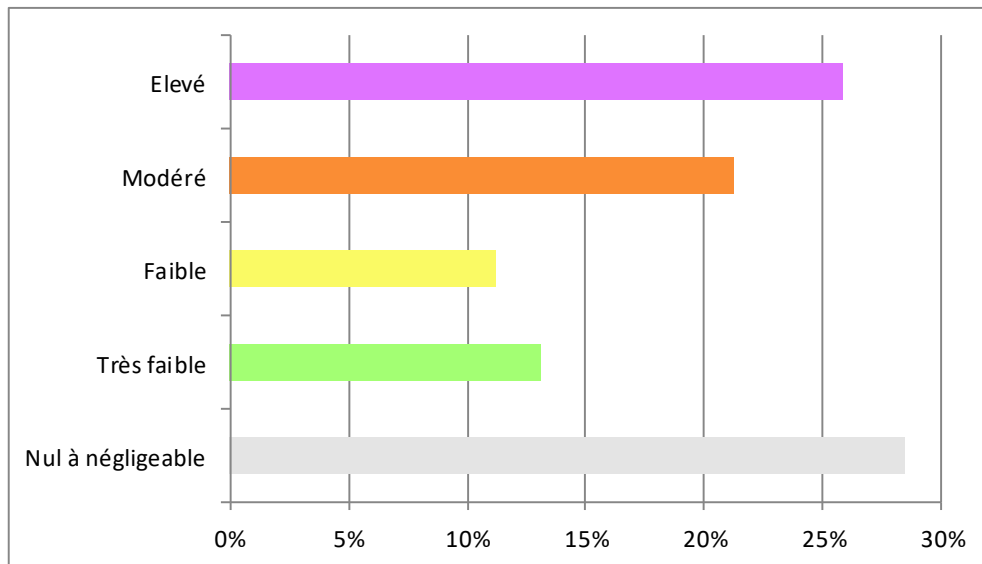
Paramètres et valeurs de seuils utilisés pour calculer la carte d'aléa chute de blocs

## CARTE D'ALEA MOUVEMENT DE TERRAIN

L'agrégation des cartes par phénomènes en une carte unifiée de l'aléa mouvement de terrain est réalisée suivant la méthode décrite au rapport méthodologique, en retenant en tout point du territoire cartographié le niveau d'aléa maximal considéré, en gardant en mémoire l' (les) aléa(s) au(x)quel(s) il se réfère.

		GG	GF	LT	CB	ALEA MVT
Aléa (Km <sup>2</sup> )	Nul à négligeable	399.47	536.50	489.22	666.74	244.84
	Très faible	84.65	158.70	109.49	31.76	113.19
	Faible	49.19	87.55	97.21	25.21	96.99
	Modéré	121.63	78.14	108.39	135.98	183.15
	Elevé	205.67	-	56.58	-	222.72
<i>Surface totale soumise à aléa</i>		461.13	324.39	371.67	192.95	616.05
<i>% de la commune soumis à aléa</i>		54%	38%	43%	22%	72%

		GG	GF	LT	CB	ALEA MVT
Aléa (% commune)	Nul à négligeable	46%	62%	57%	78%	28%
	Très faible	10%	18%	13%	4%	13%
	Faible	6%	10%	11%	3%	11%
	Modéré	14%	9%	13%	16%	21%
	Elevé	24%	0%	7%	0%	26%



**Exposition de la commune de Boulouparis à l'aléa mouvement de terrain,**



## **8.6 Annexe 6 – Atlas cartographiques : phénomènes de mouvement de terrain**



## **8.7 Annexe 7 – Atlas cartographiques : aléa mouvement de terrain**





