

Géosciences pour une Terre durable

brgm



SGNC
Service Géologique
de NOUVELLE-CALÉDONIE

Cartographie de l'aléa mouvement de terrain Commune du MONT-DORE (Nouvelle Calédonie) Echelle 1:25 000

Rapport final

BRGM/RP-70346-FR
DIMENC/SGNC-2020(06)
Novembre 2020

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

B. Colas, Y. Thiery, Guyomard Y., Mengin M., R. Vandromme, O. Monge

Vérificateur :

Nom : S. Bernardie

Fonction : Ingénieure
géotechnicienne

Date : 03/12/2020

Signature :



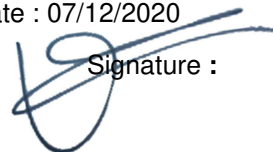
Approbateur :

Nom : V. Mardhel

Fonction: Directeur Antenne
Nouvelle Calédonie

Date : 07/12/2020

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, Mont-Dore

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

B. Colas, Y. Thiery, Guyomard Y., Mengin M., R. Vandromme, O. Monge (2020) – Cartographie de l'aléa mouvement de terrain. Commune du MONT-DORE. (Nouvelle Calédonie). Echelle 1:25 000ème. Rapport final. BRGM/RP-70346-FR, 66 p., 38 illustrations.

SYNTHESE

La cartographie de l'aléa mouvement de terrain de la commune du Mont-Dore à l'échelle du 1 :25 000^{ème} s'inscrit dans le cadre d'un programme pluriannuel portant sur quinze communes de Nouvelle-Calédonie. La méthode déployée est décrite en détail dans un rapport méthodologique spécifique (BRGM/RP-70345-FR / DIMENC/SGNC-2020(07)). Elle est basée sur la constitution d'un inventaire des événements passés, le plus exhaustif possible à l'échelle du territoire.

Sur la commune il est répertorié 1682 événements, représentés par leurs contours (zone de rupture et de propagation) en précisant leur période d'occurrence. La grande majorité (88%) des événements recensés sont datés d'avant 1976 (phénomènes repérés sur les images de la campagne 1976). 10% des événements sont identifiés entre 1976 et 2008 et 2% depuis 2008 (qualifiés de « récents »).

À partir de l'inventaire il est déterminé quatre types de phénomènes dont l'aléa est cartographié distinctement : i) GG : Glissement dans matériaux grossiers ; ii) GF : Glissement dans matériaux fins ; iii) LT : Lave-torrentielle ; iv) CB : Chute de blocs. Les approches intègrent l'intensité du phénomène (son importance, liée aux conséquences induites) et son occurrence (intégrant les zones de rupture et la propagation des masses en versant). La cartographie par phénomène proposée permet une approche homogène sur l'ensemble du territoire communal suivant une approche pseudo-quantifiée. Au final une carte d'aléa « Mouvement de terrain », agrégeant les cartes par phénomène est proposée.

La synthèse des résultats à l'échelle communale montre que la commune est concernée par l'aléa mouvement de terrain sur les deux-tiers de son territoire (63%). Les zones d'aléa élevé à modéré représentent environ 21% du territoire communal.

Afin d'initier une réflexion sur la valorisation des cartes d'aléa produites, une analyse de la distribution des bâtiments exposés à l'aléa mouvements de terrain est formulée. Cette analyse montre qu'environ 2% du parc bâti (650 bâtiments) est exposé à un aléa qualifié de « élevé » et près de 6% à un niveau « modéré ». Sur la base de ce constat, l'étape suivante, en concertations avec la commune et les institutions concernées par l'aménagement la prévention du risque est la prise en compte de l'aléa mouvement de terrain dans l'aménagement en proposant des recommandations, voire des prescriptions pour les constructions nouvelles et pour le bâti existant, et ce selon les aléas effectivement redoutés.

Sommaire

1	INTRODUCTION	13
2	RAPPEL DU CADRAGE MÉTHODOLOGIQUE	15
2.1	Définitions et principes	15
2.2	Aléa de référence	15
2.3	Méthode	16
3	CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET MORPHOLOGIQUE DE LA COMMUNE	21
3.1	Contexte géographique et geomorphologique	21
3.2	Contexte géologique	21
3.3	Contexte hydrogéologique	27
3.4	Contexte climatique	28
4	DONNÉES POUR LA COMMUNE	31
4.1	Données de base	31
4.2	Carte du régalithe	33
4.3	Inventaire des mouvements de terrain	33
5	RÉSULTATS	41
5.1	Glissements grossiers (GG)	41
5.2	Glissements fins (GF)	43
5.3	Laves torrentielles et coulées (LT)	44
5.4	Chutes de blocs (CB)	45
5.5	Grands glissements de versants (GGV)	53
5.6	Carte d'aléa mouvement de terrain	53
5.7	Validation des résultats - Discussion	59
5.8	Analyse des résultats à l'échelle communale	61
6	CONCLUSION ET PERSPECTIVES	63

7	BIBLIOGRAPHIE	65
7.1	Guides.....	65
7.2	Rapports	65
7.3	Documents académiques	66

ANNEXES

Annexe 1 : Caractéristiques morphométriques des données d'inventaire

Annexe 2 : Susceptibilité de rupture / Poids relatifs des variables par type de phénomène

Annexe 3 : Synthèse des taux de reconnaissance de mouvements de terrain selon le type

Annexe 4 : Atlas cartographiques

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 – Echelle d'intensité retenue pour les chutes de blocs (CB)	16
illustration 2 – Echelle d'intensité retenue pour GG, GF, LT	17
illustration 3 – Classes retenues pour la qualification de l'occurrence des phénomènes (rupture et/ou atteinte)	18
illustration 4 – Matrice d'atteinte (ou occurrence) croisant rupture et propagation des aléas	20
illustration 5 – Matrice retenue pour la cartographie de l'aléa	20
illustration 6 – Carte du substratum géologique du Mont-Dore	25
illustration 7 - Profil d'altération type sur substrat ultrabasique (modifié d'après Sevin, 2014 et GSEGWP, 1990)	26
illustration 8 – Horizons hydrodynamiques des péridotites de Nouvelle-Calédonie (Jeanpert, 2017)	28
illustration 9 – Moyenne interannuelle des précipitations sur la commune du Mont-Dore	29
Illustration 10 – Intensités de pluie horaire et de période de retour centennale sur la commune du Mont-Dore	30
illustration 11 – Données fondamentales utilisées ou constituées	31
illustration 12 –Exemple de mise à jour de la carte du régolithe sur la commune du Mont-Dore	32
illustration 13 – Inventaire des mouvements de terrain sur la commune (pm. échelle logarithmique)	34
illustration 14 – Inventaire des mouvements de terrain (ex. de restitution)	34
illustration 15 – Inventaire des mouvements de terrain (ex. de restitution)	35
illustration 16 – Synthèse des valeurs de pente et de surface des zones d'initiation	36
illustration 17 – Synthèse des valeurs de pente et de surface des enveloppes de propagation	36
illustration 18 – Différents types de phénomènes rencontrés sur la commune : a) Lave torrentielle, Col des deux tétons ; b) Glissement grossier, Vallée de la Coulée ; c) Chute de blocs, Yahoué ; Glissement fin, La Coulée.	37
illustration 19 – Vue 3D habillée sur le grand glissement de versant du Mont Dore	38
illustration 20 – Inventaire des mouvements de terrain à l'échelle de la commune	39
illustration 21 – Cartes de référence des variables valorisées	41
illustration 22 – Qualification des atteintes (glissement grossiers GG)	42
illustration 23 – Matrice de l'aléa pour glissement grossier (GG), glissement fin (GF) et laves torrentielles (LT)	43
illustration 24 – Qualification des atteintes (glissements fins GF)	44
illustration 25 – Qualification des atteintes (laves torrentielles LT)	45
illustration 26 – Qualification des atteintes (chutes de blocs CB)	47
illustration 27 – Matrice d'aléa pour phénomène de chute de bloc (CB)	47
illustration 28 – Carte d'aléa (GG)	49
illustration 29 – Carte d'aléa (GF)	50
illustration 30 – Carte d'aléa (LT)	51
illustration 31 – Carte d'aléa (CB)	52
illustration 32 – Exemple de restitution à l'échelle communale (aléa « Mouvement de terrain »)	55

illustration 33 – Exemple de restitution à l'échelle du 1:25 000 ^{ème} (aléa « Mouvement de terrain »).....	56
illustration 34 – Exemple de restitution à l'échelle du 1:25 000 ^{ème} (aléa « Mouvement de terrain ») sous la forme d'atlas	57
Illustration 35 – Taux de reconnaissance des évènements selon les phénomènes	60
illustration 36 – Surfaces communales exposées à l'aléa selon le type de phénomènes.....	62
illustration 37 – Synthèse des surfaces communales exposées à l'aléa mouvement de terrain	63
illustration 38 – Distribution des bâtiments exposés à l'aléa mouvements de terrain sur la commune du Mont-Dore	64

1 Introduction

Lors des évènements météorologiques intenses de novembre 2016, la commune de Houaïlou a connu des phénomènes de mouvements de terrain et de coulées boueuses qui ont été la cause de pertes humaines. L'aléa « mouvements de terrain » à l'échelle du pays reste encore en grande partie peu pris en compte par les populations et les autorités. Il fait partie des risques naturels auxquels le pays est soumis, dont les plus notables sont les risques cycloniques, les inondations, l'amiante environnemental, les incendies et les tsunamis.

En conséquence, une démarche de caractérisation des aléas mouvement de terrain a été engagée à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie. In-fine il est envisagé de superposer l'aléa aux enjeux (définis en concertation avec les collectivités locales), afin le cas échéant de proposer des recommandations voire des prescriptions en matière d'aménagement ou de construction, en fonction des différents risques encourus sur le territoire concerné. En effet, les Plans de Prévention des Risques (PPR) naturels prévisibles ne s'appliquent pas en Nouvelle-Calédonie.

A ce titre, le gouvernement de Nouvelle-Calédonie par son service géologique (SGNC) et le BRGM se sont associés pour l'établissement de cartes communale d'aléas mouvements de terrain, à l'échelle 1 : 25 000 dans le cadre d'un programme pluriannuel.

La méthode d'évaluation des aléas est relativement innovante, basée sur une approche quantitative intégrant intensité des phénomènes et la probabilité d'occurrence d'un type de phénomène est détaillée dans un rapport spécifique (BRGM-RP-70345-FR / DIMENC SGNC-2020(07)) auquel il sera fait régulièrement référence dans le présent document (« rapport méthodologique »). L'ensemble des réalisations sont menés 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 travaux nationaux relatifs aux mouvements de terrain.

Le présent rapport présente les résultats de la cartographie sur la commune du MONT-DORE. Ce document expose :

- un rappel du cadrage méthodologique ;
- le contexte communal et les données exploitées pour la cartographie (géologie, morphologie et évènements mouvements de terrain) ;
- l'analyse des résultats sur la commune ;
- les cartes d'aléa par phénomène redoutés.

2 Rappel du cadrage méthodologique

2.1 DÉFINITIONS 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.

2.2 ALÉA DE RÉFÉRENCE

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.

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 :

- GG : Glissement dans matériaux grossiers
- GF : Glissement dans matériaux fins
- LT : Lave-torrentielle (intégrant le phénomène de coulée COUL)
- 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.

2.3 MÉTHODE

La méthode déployée pour définir l'**aléa par phénomène** consiste à croiser l'**intensité** des phénomènes étudiés avec la distribution spatiale des **zones qu'ils peuvent atteindre** (ou **occurrence**).

2.3.1 Détermination de l'intensité des phénomènes

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 selon le type de phénomène considéré.

Pour les phénomènes de chutes de blocs (CB), la classification suivante est retenue pour qualifier l'intensité des phénomènes :

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

illustration 1 – 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
50 =>	3 m/min	TR	Structure détruite		Elevée	GG
0.5 =>	1,8 m/h	R	Structure détruite, possible évacuation	Evacuation	Modérée	GF
0.005 =>	13 m/mois	M	Qq structures résistent			
0.00005 =>	1,6 m/an	L	Possibles intervention travaux	Intervention		
0.000005 =>	16 mm/an	TL	Structure peu endommagées			
		EL	Imperceptible	-		

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

illustration 2 – Echelle d'intensité retenue pour GG, GF, LT

2.3.2 Détermination de l'atteinte des phénomènes

L'évaluation de l'atteinte du phénomène (ou occurrence) 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).

2.3.2.1 Rupture

Afin d'aboutir à une analyse homogène, l'ensemble des aléas sont traités de façon homogène. Globalement 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 (pondération par l'évidence du théorème de Bayes). 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 évènements 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, adaptées au programme (illustration 3) :

		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 jusqu'à 1 "chance" sur 1 000
	Faible	10^{-5} à 10^{-4}	Peu probable jusqu'à 1 "chance" sur 100
	Moyen	10^{-4} à 10^{-3}	Possible jusqu'à # 1 "chance" sur 10
	Elevée	10^{-3} à 10^{-2}	Probable > 1 "chance" sur 10
	Très élevée	$> 10^{-2}$	Certaine phénomène attendu

illustration 3 – Classes retenues pour la qualification de l'occurrence des phénomènes (rupture et/ou atteinte)

2.3.2.2 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 et coulées)**

Pour les glissements, fins ou grossiers, les laves torrentielles et coulées une modélisation numérique¹ 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 d'élévation (DEM) :

- 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 évaluées.

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 ;

¹ 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, développé sous Matlab®, pour l'évaluation de la susceptibilité aux mouvements gravitaires

- La vitesse présumée des mouvements ($\# 10 \text{ m.s}^{-1}$ au maximum) ;
- Le mode de dispersion latérale définie suivant des modèles d'étalement.

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.

Le paramétrage est réalisé à partir des retours d'expérience des événements.

✓ **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 à l'appui du logiciel ConeFall. 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 éboulées peuvent donc progresser dans un cône, appelé cône de propagation. Ce cône a une pente β (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°.

2.3.2.3 Atteinte (ou occurrence)

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 concernées, 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 (illustration 4) :

Probabilité annuelle de rupture	Probabilité de propagation							
	Négligeable	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte		
	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	
Très faible	10^{-6}	1E-11	1E-10	1E-09	1E-08	1E-07	1E-06	1E-05
	Nul à négligeable					Négligeable	Très faible	
Faible	10^{-5}	1E-10	1E-09	1E-08	1E-07	1E-06	1E-05	1E-04
	Nul à négligeable				Négligeable	Très faible	Faible	
Moyen	10^{-4}	1E-09	1E-08	1E-07	1E-06	1E-05	1E-04	1E-03
	Nul à négligeable			Négligeable	Très faible	Faible	Moyen	
Fort	10^{-3}	1E-08	1E-07	1E-06	1E-05	1E-04	1E-03	1E-02
	Nul à négligeable		Négligeable	Très faible	Faible	Moyen	Fort	
Très fort	10^{-2}	1E-07	1E-06	1E-05	1E-04	1E-03	1E-02	1E-01
	Nul à négligeable	Négligeable	Très faible	Faible	Moyen	Fort	Très fort	
Très Fort	10^{-1}	1E-06	1E-05	1E-04	1E-03	1E-02	1E-01	1E+00
	Négligeable	Très faible	Faible	Moyen	Fort	Très fort		

illustration 4 – Matrice d'atteinte (ou occurrence) croisant rupture et propagation des aléas

2.3.3 Aléa résultant

L'aléa résultant par phénomène est élaboré par croisement de l'atteinte 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 (illustration 3). L'évaluation de l'intensité des phénomènes varie selon le type (§ 2.3.1 Détermination de l'intensité) (illustration 5) :

		Intensité				
		Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Probabilité d'atteinte	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Très faible	Faible	Faible
	Très faible	Négligeable	Très faible	Faible	Modéré	Modéré
	Faible	Négligeable	Faible	Modéré	Elevée	Elevée
	Moyen	Très faible	Modéré	Modéré	Elevée	Elevée
	Elevée	Faible	Modéré	Elevée	Elevée	Très élevée
	Très élevée	Faible	Modéré	Elevée	Très élevée	Très élevée

illustration 5 – Matrice retenue pour la cartographie de l'aléa

3 Contexte géographique et morphologique de la commune

3.1 CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE

La commune du Mont-Dore est située à l'extrémité Sud-Est de la côte Ouest de la Nouvelle-Calédonie. D'une superficie de 643 km², elle est la 3^{ème} agglomération du territoire en termes de démographie (27 620 habitants ; Isee, Recensement 2019). Plusieurs îles sont rattachées au territoire communal, dont la plus importante et la seule peuplée de manière permanente, l'île Ouen, séparée de la Grande Terre par un étroit bras de mer, le canal Woodin. La commune est bordée à l'Ouest par la capitale Nouméa, au Nord-Ouest par Dumbéa et au Nord-Est et à l'Est par Yaté.

D'un point de vue géomorphologique, la commune du Mont-Dore est façonnée en majeure partie par la frange méridionale du « Massif du Sud » (93% de sa surface soit 589 km²), un relief de moyenne montagne, dont le point culminant sur la commune est à 845 m. La nature du substrat rocheux, les péridotites, contrôle l'ensemble. Le relief est profondément incisé par le réseau hydrographique sur la partie Ouest de la commune. Dans certains cas, des lambeaux d'aplanissements latéritiques étagés formant une série de gradins sont les témoins érosifs de l'enfoncement progressif du réseau. Vers l'Est de la commune, ces reliques d'aplanissement tapissent de grandes dépressions délimitées par des reliefs résiduels rocheux aux pentes abruptes. Elles correspondent à des cuirasses ferrugineuses coiffant les manteaux d'altération atteignant plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur.

3.2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Les principales unités géologiques sont (illustration 6) décrites ci-après. Se reporter au rapport méthodologique pour plus de précisions.

3.2.1 Les formations volcano-sédimentaires crétacées

Il s'agit de sédiments clastiques fins (argilites) avec des passées gréseuses, parfois charbonneuses auxquels sont associés des roches volcaniques (rhyolites, trachytes et tufs remaniés).

Sur la commune du Mont Dore, les formations du crétacé n'affleurent qu'à l'extrémité ouest au niveau des secteurs urbanisés de Yahoué, de Robinson, de Saint Louis et de la Coulée ainsi que sur la façade ouest du massif du Mont Dore.

3.2.2 La nappe de Poya

La **nappe de Poya** surmonte tectoniquement toutes les séries pré-néogènes, à l'exception de la Nappe des Péridotites. Cette nappe est composée de deux unités litho-tectoniques :

- des **basaltes de Poya** reconnus comme un ensemble de lames tectoniques métriques à kilométriques de basaltes (massifs ou en coussins) et dolérites, associés à des sédiments bathyaux contenant des radiolaires d'âge **Campanien-Paléocène supérieur à Éocène inférieur** ;
- du **Faciès Koné** composé de grès et turbidites de marge passive d'âge **coniacien-santonien**, affectés par des intrusions de sills doléritiques d'âge éocène inférieur.

Sur la commune (illustration 6), les basaltes de Poya sont essentiellement connus sur le pourtour du massif du Mont dore, tandis que le faciès Koné n'a pas été observé sur la commune.

3.2.3 La Nappe des Péridotites

La **Nappe des Péridotites** est une unité litho-structurale majeure obduite à l'**Éocène supérieur** sur l'ensemble des unités précédemment décrites. Actuellement, les roches ultramafiques recouvrent entièrement le sud de la Grande Terre, appelé « **Massif du Sud** », et affleurent en une série de klipptes alignées le long de la Côte Ouest. La **subduction à plongement vers le Nord-Est**, menant à la fermeture du bassin puis à l'obduction, s'initie à la dorsale et implique donc de la lithosphère jeune et chaude. Le démarrage de la subduction a été estimé à **environ 56 Ma**.

Cette unité est principalement composée de harzburgites et dunites, et de rares lherzolites dans les massifs du Nord (Tiébaghi et Poum). Il s'agit de la formation géologique qui couvre 93% de la commune du Mont Dore, depuis les fonds de vallées de la Coulée, le sommet du massif du Mont Dore et jusqu'au cap N'Dua.

Les rares zones à cumulats mafiques et ultramafiques (dunites, pyroxénites, wherlites et gabbros) dans le Massif du Sud seraient les seuls témoins résiduels d'une croûte « océanique ». La principale occurrence occupe le fond du bassin versant de la Rivière de Piroques (illustration 6). Des occurrences sont également connues au fond de la baie de Prony et au sud de l'île Ouen.

La Nappe des Péridotites est recoupée par des **filons d'âge éocène inférieur** (hornblendite, diorite, leucodiorite, adamélites et autres roches feldspathiques), mis en place dans un laps de temps restreint (55-50 Ma). Des filons de dolérite de type IAT, un peu plus récents (~50 Ma, Ar/Ar ; comm. pers. D. Cluzel, données inédites), représentent probablement le produit le plus précoce de l'activité de l'arc volcanique.

La nappe des péridotites se caractérise par une altération intense qui donne lieu au développement d'un profil d'altération latéritique. Un profil type est présenté en illustration 7 et comprend schématiquement :

- un horizon cuirassé supérieur
- un horizon de saprolite / latérites fine
- un horizon de saprolite grossière / saprock
- le substratum rocheux fracturé plus ou moins sain

Ce profil type est bien souvent tronqué et réduit notamment en rebord de plateau et sur les hauts de versant, dans les zones aux pentes marquées où le réseau hydrographique est incisé

comme dans la partie ouest de la commune. On retrouve des profils cuirassés complets, épais de plusieurs dizaines de mètres dans la partie Sud est de la commune.

Filons et gabbros sont également largement altérés avec pour ces derniers une argilitisation formant des argiles type kaolinite.

De la dorsale à l'obduction, les péridotites ont subi divers épisodes d'hydratation et de refroidissement sous contraintes menant à la néoformation de phases minérales du groupe des serpentines. Le degré de serpentinisation varie généralement entre 40 et 80% mais on peut trouver localement des péridotites serpentinisées à 100% ; plus rarement, des roches exemptes de toute serpentinisation constituent des masses isolées.

Par ailleurs, la base de la Nappe des Péridotites est caractérisée par une **semelle serpentineuse**, de 20 à 200 m d'épaisseur, formée de mylonites porphyroclastiques au sein desquelles des veines syntectoniques de magnésite supergène ont été décrites suggérant une émergence et altération précoce de la nappe durant ou sur la fin de sa mise en place. Il s'agit d'un faciès typiquement peu cohésif sujet à l'érosion.

Sur la commune (illustration 6), la semelle serpentineuse forme une bande continue depuis les fonds de vallée du secteur de St. Louis et se prolonge au nord du Massif du Mont Dore au col de Plum le long de la façade littorale.

3.2.4 Le plutonisme post-obduction

Les **granitoïdes de Saint-Louis et de Koum** affleurent dans le Massif du Sud. Ils sont respectivement datés à **27,5 et 24 Ma**. La mise en place de ces granitoïdes semble contrôlée par la fracturation du substrat et leur remontée semble avoir été stoppée au niveau de la semelle serpentineuse de la Nappe des Péridotites. Ils sont associés à un réseau de dykes granodioritique et rhyodacitique qui recoupent l'encaissant péridotitique et volcano-sédimentaire.

Sur la commune (illustration 6), le pluton de Saint Louis se trouve au fond du secteur de Saint Louis. Il se caractérise par une altération en arène sablo argileuse avec des chaos de boulders résiduels.

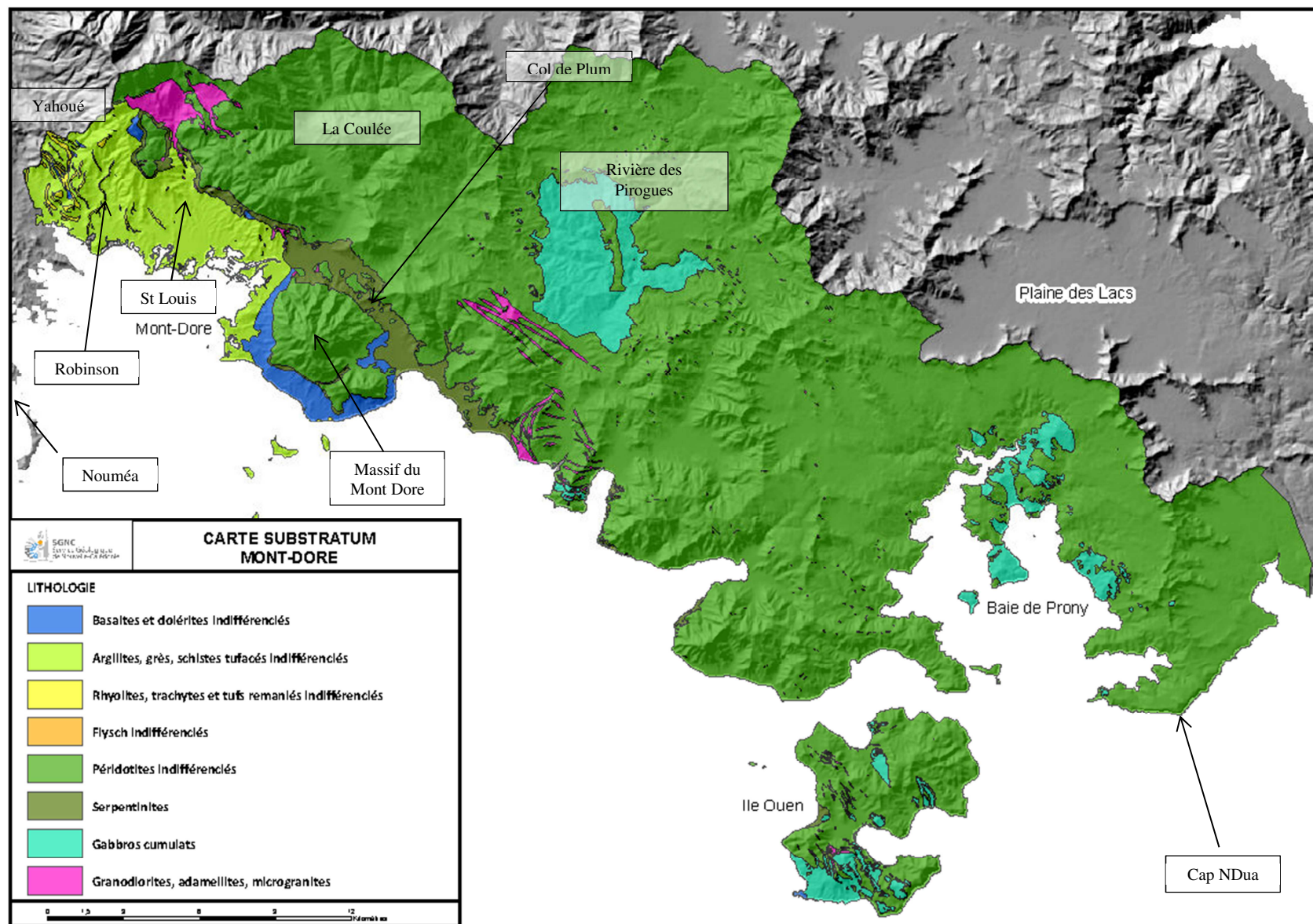


illustration 6 – Carte du substratum géologique du Mont-Dore

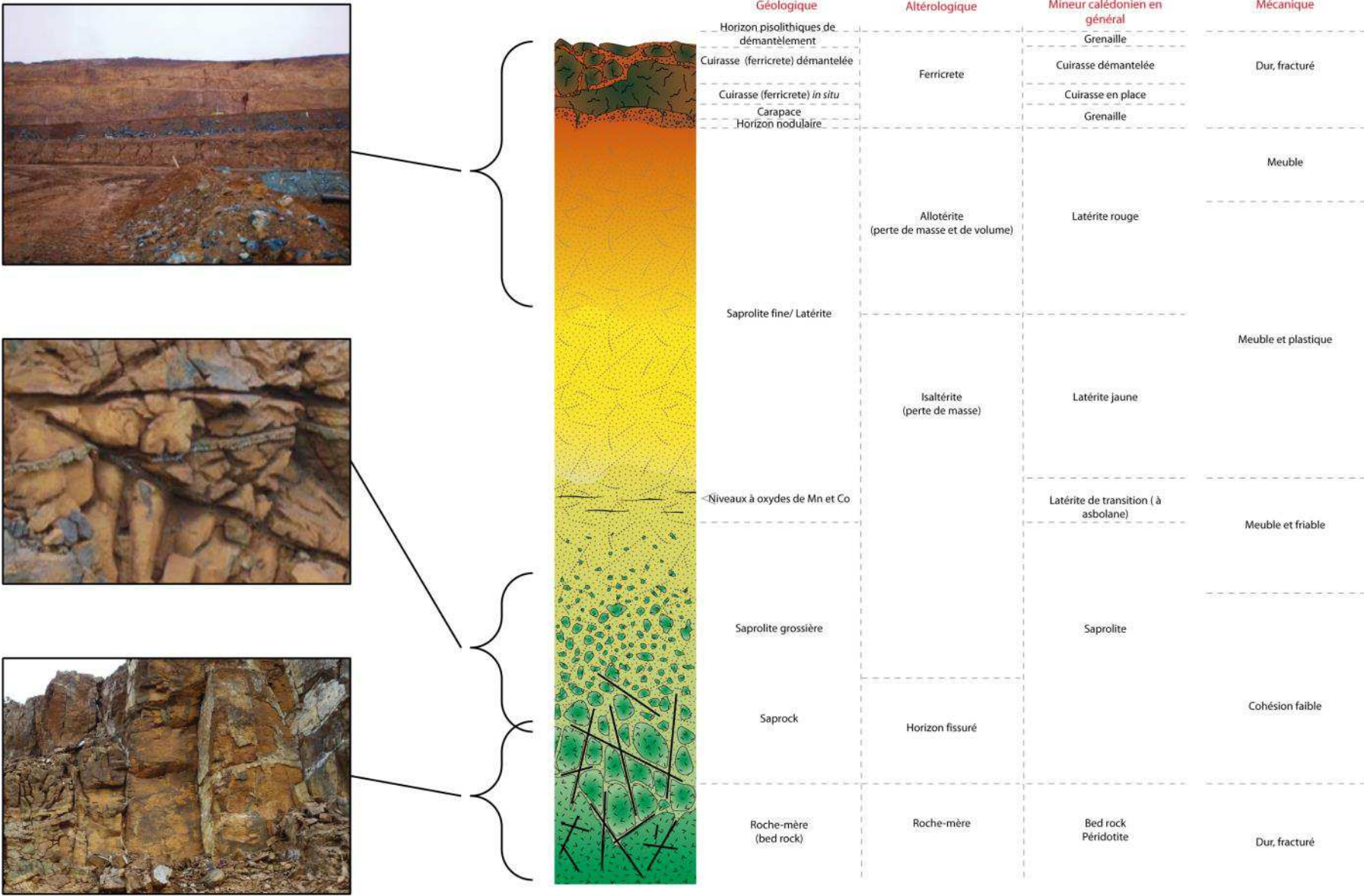


illustration 7 - Profil d'altération type sur substrat ultrabasique (modifié d'après Sevin, 2014 et GSEGWP, 1990)

3.3 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Le système aquifère des massifs de péridotites présente un comportement de type karstique avec des transferts d'eaux rapides et des connexions souterraines entre bassins. Comme en milieu calcaire, on observe en domaine péridotitique de nombreux éléments propres au karst tels que dolines, lapiaz et autres pertes. Le terme de pseudo-karst est employé pour désigner ce comportement observé dans les péridotites de Nouvelle-Calédonie. Il désigne des particularités hydrogéologiques similaires à celles observables en milieu karstique, mais au sein de roches peu solubles et dont l'altération provient donc de processus différents tels que l'hydrolyse ou l'érosion mécanique. Ces facteurs de l'altération sont favorisés en climat tropical, chaud et humide.

La nappe des péridotites de Nouvelle-Calédonie constitue un aquifère multicouche potentiellement intéressant en terme de stockage en eau. Le profil d'altération des massifs comporte trois types d'aquifères (illustration 8) :

- La cuirasse et la grenaille constituent un aquifère temporaire perméable fissuré impliquant des écoulements de sub-surface.
- Un niveau semi-imperméable dont la porosité est importante et avec une perméabilité faible (ce qui lui confère alors une fonction capacitive), composé de latérites jaune et rouge et de saprolite fine, terreuse et représente donc un aquitard. Des zones de suintement peuvent localement être observées sur les affleurements de latérite en période de hautes-eaux.
- Et enfin l'aquifère principal qui se situe au niveau des saprolites grossières et les péridotites fracturées. Cet aquifère possède une fonction transmissive et il alimente les principales résurgences des versants.

Cet horizon, lieu principal de la minéralisation de l'eau, est composé d'une roche altérée qui facilite la circulation de l'eau. A l'échelle du massif, ces formations ont une capacité de stockage importante dans le manteau d'altération, dans les fractures et pourraient jouer le rôle de régulateur pour les débits des cours d'eau.

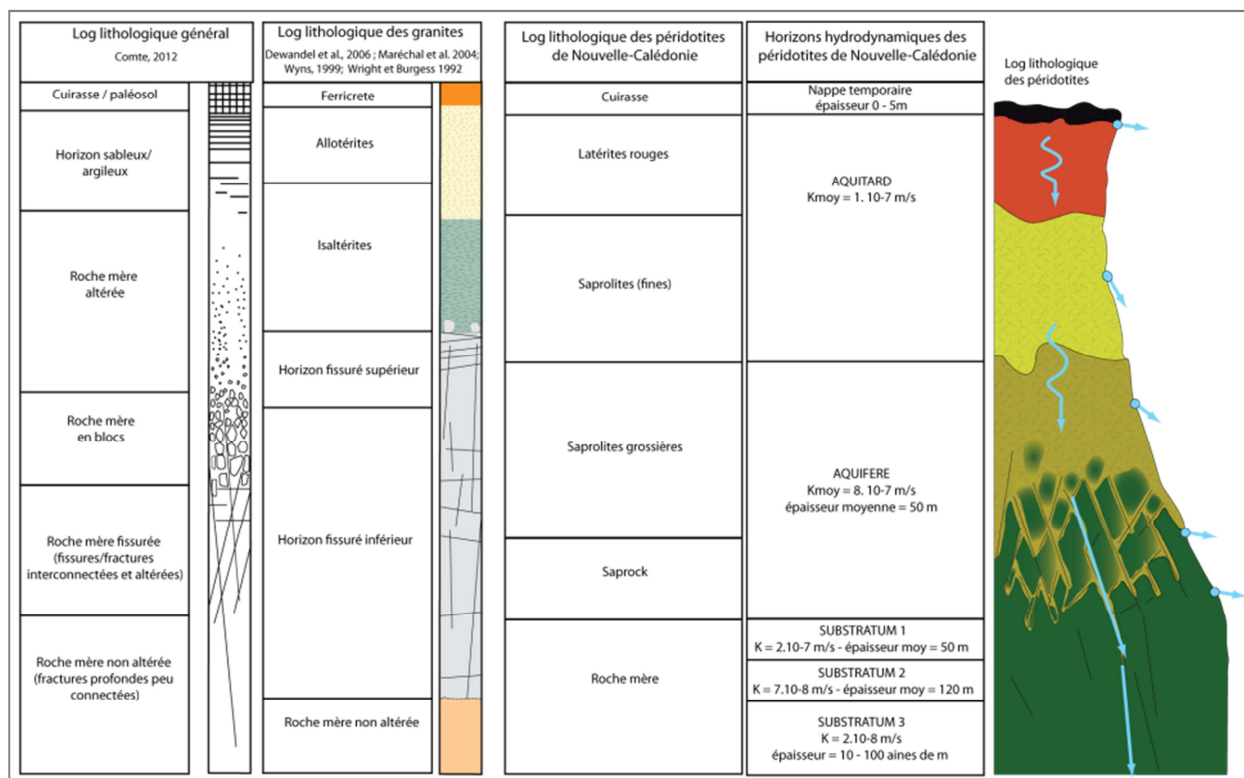


illustration 8 – Horizons hydrodynamiques des péridotites de Nouvelle-Calédonie (Jeanpert, 2017)

3.4 CONTEXTE CLIMATIQUE

3.4.1 Le climat

La Nouvelle-Calédonie est située dans la zone intertropicale, juste au nord du tropique du Capricorne. Très isolée géographiquement et soumise au courant des alizés de Sud-Est, elle bénéficie d'un climat relativement tempéré, que l'on peut qualifier de "tropical océanique" (Perchat 2003, Romieux, 2011).

La variation annuelle de la position de la ceinture anticyclonique subtropicale et des basses pressions intertropicales détermine deux saisons principales séparées par deux intersaisons :

- De novembre à avril : c'est la saison chaude et humide, dite "saison des cyclones".
- D'avril à mai : c'est une saison de transition, où les perturbations tropicales sont rares ou peu actives.
- De mai à septembre : c'est la saison fraîche, où des perturbations d'origine polaire peuvent atteindre le territoire et provoquer des "coups d'Ouest".
- De septembre à novembre : c'est la saison sèche durant laquelle l'alizé souffle en quasi permanence.

La pluviogénèse est essentiellement liée à l'activité de la zone de convergence du Pacifique Sud (ZCPS). La convection se trouve accentuée par effet orographique lorsque les flux d'alizé de Sud-Est rencontrent les massifs montagneux.

Le climat est également soumis au phénomène ENSO « El Niño Southern Oscillation ». Il s'agit d'une interaction entre la dynamique océanique et atmosphérique qui se manifeste tous les 3

ou 4 ans suivant deux phases, El Nino puis La Nina. ENSO perturbe la configuration habituelle des précipitations ainsi que la circulation atmosphérique aux latitudes tropicales. En Nouvelle-Calédonie, les précipitations ont tendance à diminuer durant El Nino et à augmenter durant La Nina.

3.4.2 Les précipitations

Les précipitations sur la commune du Mont-Dore sont relativement homogènes. La pluviométrie augmente au niveau de la plaine des lacs et sur les reliefs au Nord de la commune :

- La pluviométrie interannuelle moyenne est de 1547 mm. Elle varie de 1370 mm à 2870 mm (illustration 9).
- Les intensités de pluies centennales varient de 90 à 129 mm/h pour une durée de 1 heure (Illustration 10).

A titre d'illustration, les cumuls de pluie enregistrés par Météo-France, lors du cyclone Anne en Janvier 1988, déclencheur des coulées de débris es lotissements Mille et Berton atteignent 158 mm/24h la veille de l'évènement et 101 mm/24 h le jour-même. En 1990, lors du glissement lotissement de l'Aiguade, un cumul de 218 mm/24hrs a été enregistré.

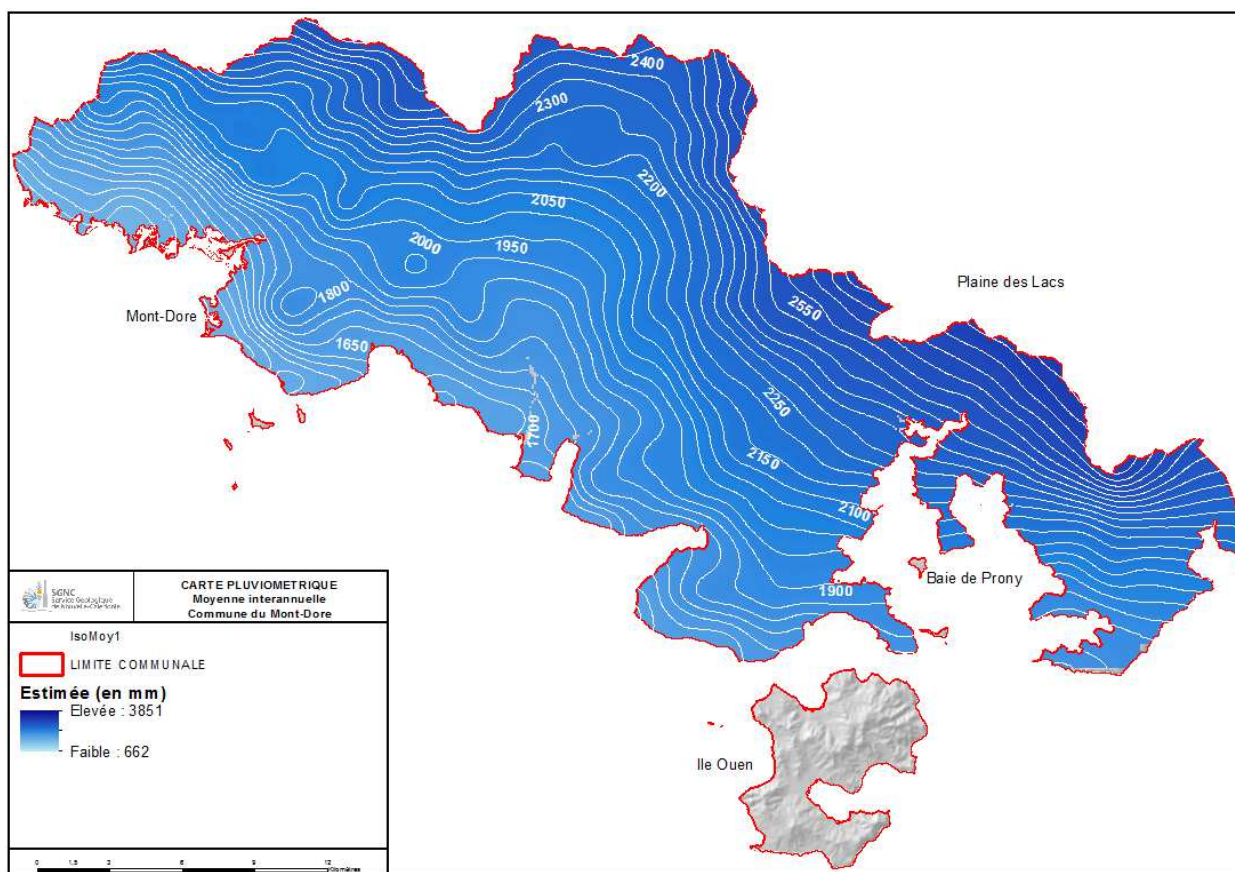


illustration 9 – Moyenne interannuelle des précipitations sur la commune du Mont-Dore

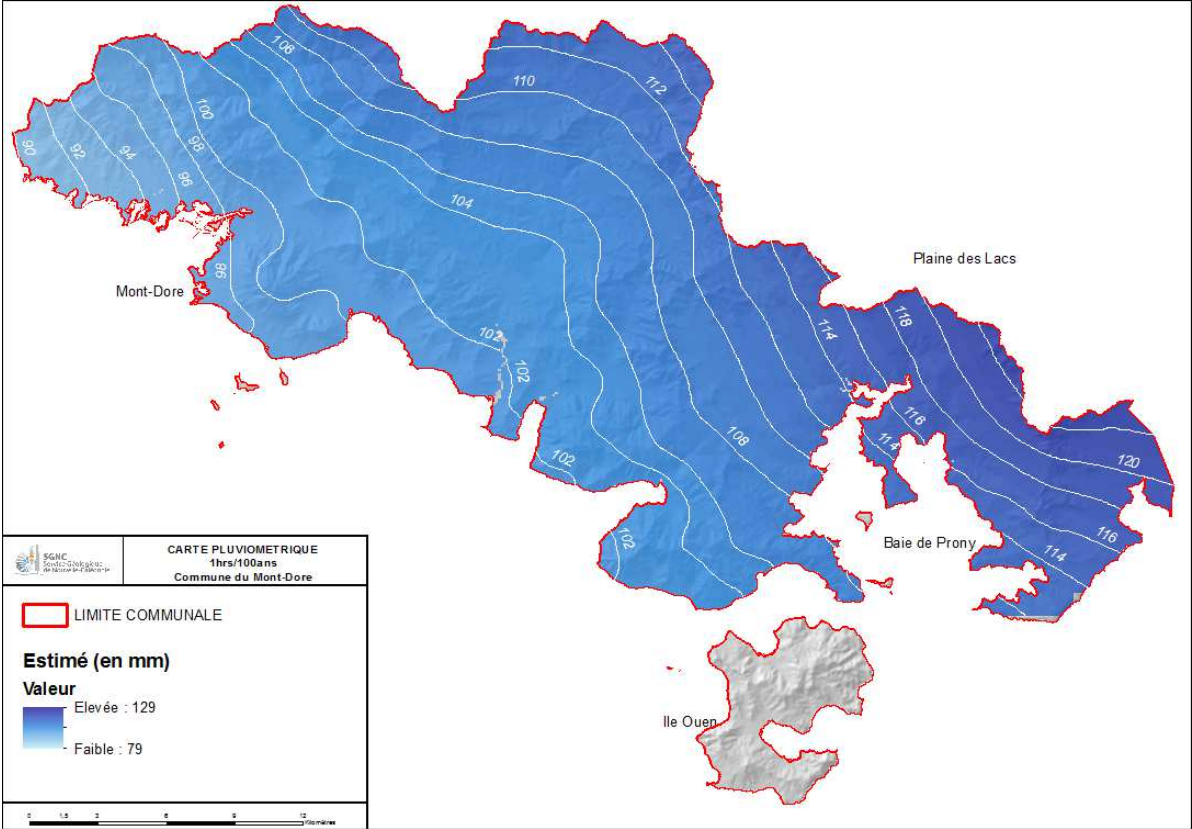


Illustration 10 – Intensités de pluie horaire et de période de retour centennale sur la commune du Mont-Dore

4 Données pour la commune

4.1 DONNÉES DE BASE

Les données suivantes (illustration 11) ont été spécifiquement collectées ou élaborées pour le projet de cartographie de l'aléa mouvement de terrain :

Type de données	Source	Propriétaire	Type	Existant (E) / Constitué lors du projet (C)
Topographie	MNT 10 m	DITTT	Couches raster (SIG)	E
Photographies aériennes	Campagne 1976 Campagne 2008	DITTT	Couches raster (SIG)	E
	Campagnes 1954	DITTT	Archives papier	E
Google Earth Pro	Images satellite 2012-2020	Google	Images 3D	E
Occupation du sol	BD-TOPO	DITTT	Couches vecteur (SIG)	E
Géologie	Carte géologique 1 :50 000 ^{ème}	SGNC	Couches vecteur (SIG)	E
	Carte du régolithe 1 :10 000 ^{ème}	SGNC	Couches vecteur (SIG)	C
Météo	Romieux (2011)	DAVAR	Couches raster (SIG)	E
Inventaire mouvement de terrain	Bibliographie Travail de terrain Géomorphologie	-	Emprises SIG	C

illustration 11 – Données fondamentales utilisées ou constituées

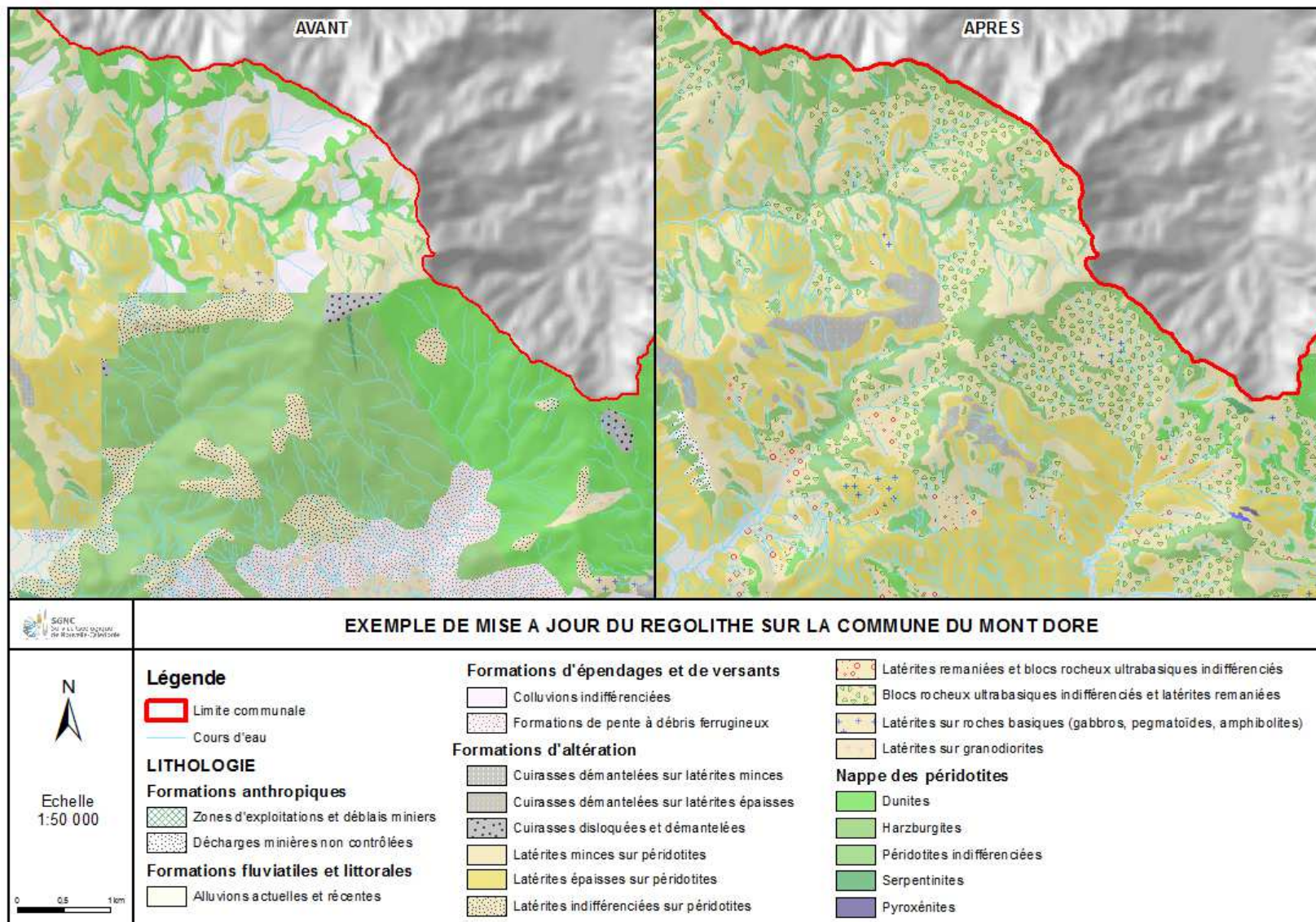


illustration 12 –Exemple de mise à jour de la carte du régolithe sur la commune du Mont-Dore

4.2 CARTE DU RÉGOLITHE

Un des traits caractéristiques des paysages calédoniens est la présence généralisée d'un couvert d'altération. Bien que l'altération soit ubiquiste, son expression reste peu développée sur le domaine volcano sédimentaire en comparaison avec le domaine des massifs péridotitiques où son expression est la plus frappante avec le développement de profils d'altération latéritique, parfois sur des épaisseurs pluri-décamétriques (Maurizot, 2003).

L'ensemble de ces formations d'altérations sont regroupées sous la désignation « régolithe ». Comme les phénomènes de mouvement de terrain mobilisent principalement la partie superficielle du profil d'altération, la connaissance des formations du régolithe est une donnée fondamentale dans le cadre de la caractérisation des aléas.

Les formations du régolithe sont typiquement distinguées entre formations en place ou autochtones et les formations remaniées ou allochtones. Dans le cadre des travaux de caractérisation de l'aléa mouvement de terrain et de la mise au point de la méthodologie générale, un effort particulier a été mené en parallèle de l'inventaire des phénomènes sur l'amélioration de la cartographie du régolithe en domaine péridotitique avec une prise en compte des formations allochtones jusqu'à présent cartographiées de manière non systématique.

4.3 INVENTAIRE DES MOUVEMENTS DE TERRAIN

Le mode de constitution de l'inventaire est décrit dans le rapport méthodologique. Sur la commune, il est recensé : **1682 évènements de mouvements de terrain**. Ils sont représentés par leurs contours (rupture et propagation), en distinguant le type de phénomène et leur caractère actuel, récent ou ancien (illustration 13 à illustration 15).

Il est relevé :

- La forte prédominance des glissements grossiers (GG) sur la commune (73% de l'inventaire) ;
- La présence de près de 80 laves torrentielles (LT) et coulées (COUL), phénomènes destructeurs (5% de évènements) ;
- Relativement peu de chutes de blocs (CB), probablement eu égard au mode de recensement qui exclut beaucoup de chutes de blocs isolés (voir rapport méthodologique) ;
- La présence de 24 grands glissements de versant (GGV).

Spatialement les mouvements affectent la totalité de la commune, avec une concentration des surfaces sur les flancs du Mont-Dore.

La grande majorité (88%) des évènements recensés sont datés d'avant 1976 (phénomènes repérés sur les images de la campagne 1976). 10% des évènements sont identifiés entre 1976 et 2008 et 2% depuis 2008 (qualifiés de « récents »).

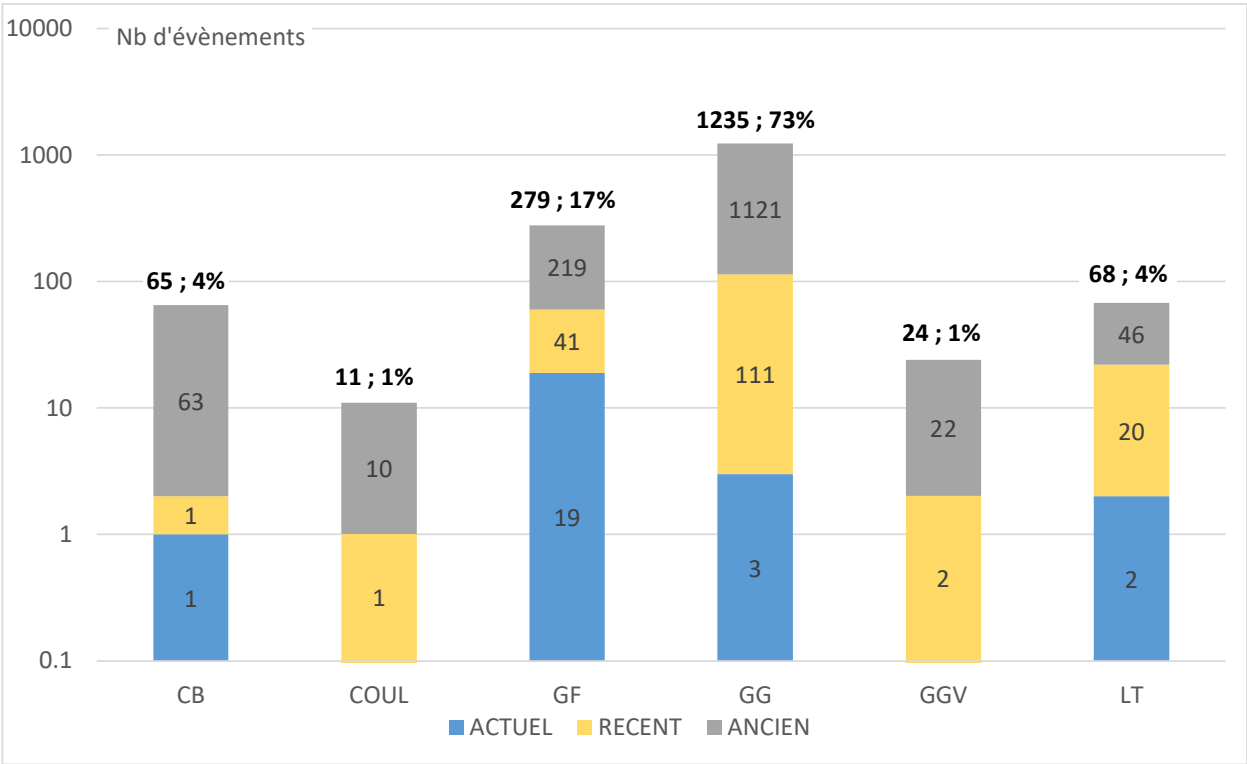


illustration 13 – Inventaire des mouvements de terrain sur la commune (pm. échelle logarithmique)

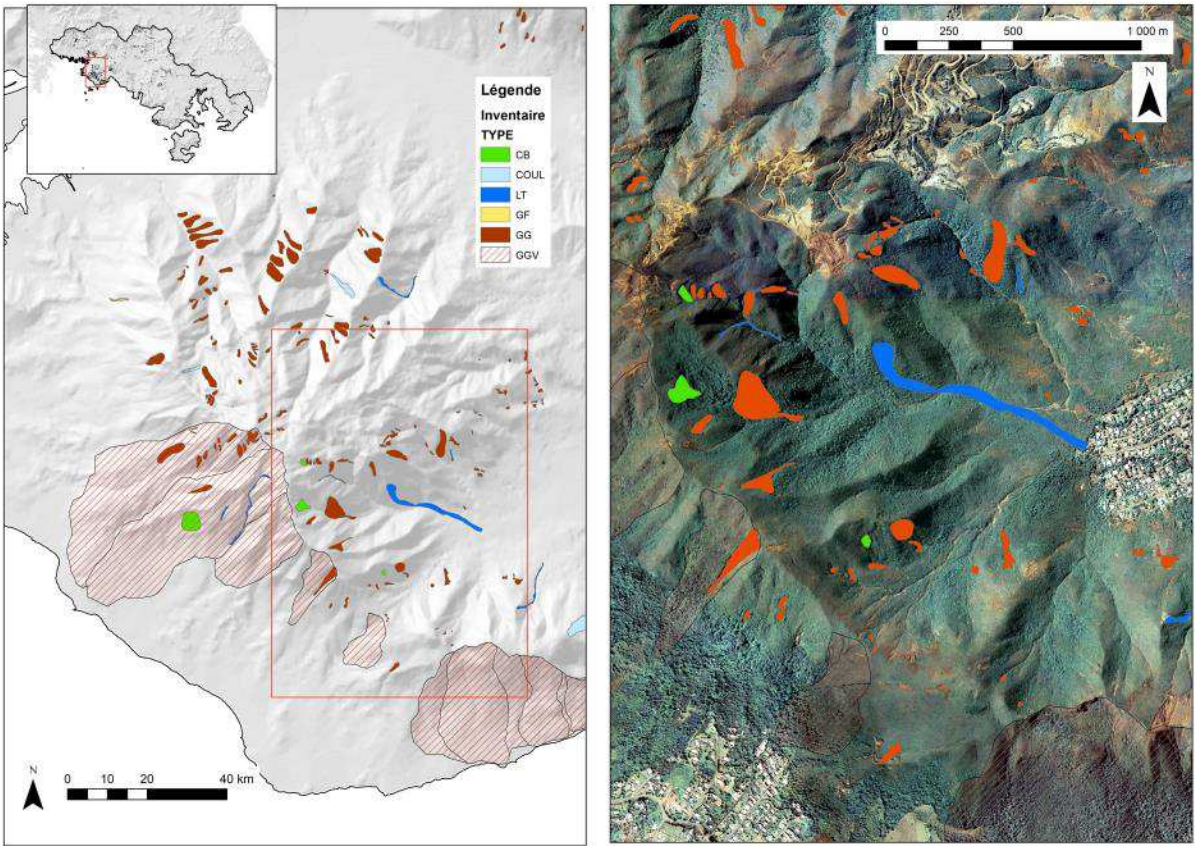


illustration 14 – Inventaire des mouvements de terrain (ex. de restitution)

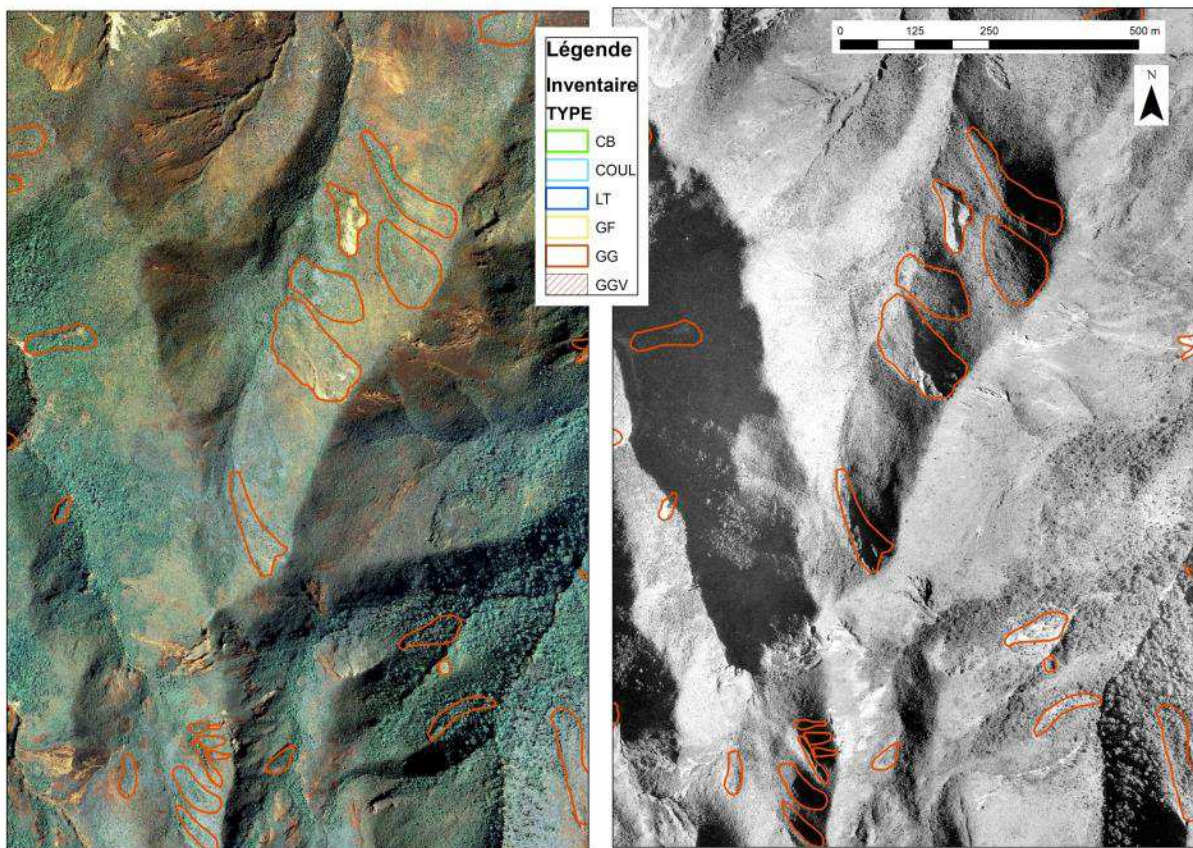


illustration 15 – Inventaire des mouvements de terrain (ex. de restitution)

En annexe 1 sont reportées, par type de phénomène considéré :

- les distributions des pentes et des surfaces des zones de départ ;
- les distributions des pentes et des surfaces des enveloppes de propagation.

Du point de vue des géométries et des conditions de déclenchement on note (illustration 16 et annexe 1) :

- La diminution du nombre d'évènements lorsque la surface du mouvement augmente, et ce, quel que soit le type. Ce constat est cohérent 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 ;
- Des surfaces moyennes plus élevées pour les glissements fins (GF) vis-à-vis des glissements grossiers (GG), 930 m² contre 770 m². Les laves torrentielles sont initiées par des surfaces en moyenne plus réduites (de l'ordre de 570 m²). Les valeurs pour CB et COUL ne sont pas totalement représentatives car en faible nombre (COUL) et témoins d'écroulement d'ampleur pour partie pour les CB ;
- Les conditions moyennes de déclenchement similaires pour :
 - o les glissements fins (GF) et les coulées (COUL) : pentes moyennes de 22,9° et 23,6°, ce qui est cohérent du point de vue de la genèse des phénomènes de coulées initiés principalement par des glissements fins ;
 - o les glissements grossiers (GG) et les laves torrentielles (LT) : pentes moyennes de 32,0° et 32,7°, ce qui est également cohérent du point de vue de la genèse des phénomènes de laves par des glissements grossiers ;

- Les pentes moyennes de déclenchement des chutes de blocs (CB, de l'ordre de 40°) sont les plus fortes de tous les phénomènes enregistrés, ce qui est conforme avec la nécessaire présence d'un relief pour générer des événements rocheux.

Concernant les enveloppes de propagation des mouvements, les constats suivants peuvent être faits (illustration 17 et annexe 1) :

- On note, comme pour l'initiation, une diminution du nombre d'événements lorsque la surface du mouvement augmente, et ce, quel que soit le type ;
- Les pentes moyennes des enveloppes sont naturellement plus faibles que celles des zones d'initiation, de l'ordre de 80% ;
- Les surfaces moyennes sont beaucoup plus élevées que celles des zones d'initiation (de l'ordre de 150% à 250% pour CB, COUL, GG et GF) et atteignent 820% pour les laves torrentielles. Ceci met en évidence l'importance de la prise en compte de la propagation dans l'analyse de l'aléa.

Zones d'initiation

		GG	GF	COUL	LT	CB
Pente moy (°)	Nb	1050	268	8	61	62
	Min.	4.6	3.0	13.0	15.4	16.4
	Max.	57.6	47.6	40.4	48.5	52.1
	Moyenne	32.0	22.9	23.6	32.7	39.3
	Ecart type	9.6	7.2	10.0	8.4	9.7

Surfaces (m²)	Nb	1237	285	8	68	68
	Min.	5	28	305	23	12
	Max.	11307	8531	7432	2778	30008
	Moyenne	768	931	2056	569	1460
	Ecart type	1329	1349	2446	655	4168

illustration 16 – Synthèse des valeurs de pente et de surface des zones d'initiation

Enveloppes globales de propagation

		GG	GF	COUL	LT	CB
Pente moy (°)	Nb	1212	265	11	80	36
	Min.	2.6	2.6	5.6	14.1	14.0
	Max.	52.9	47.7	35.5	39.0	47.2
	Moyenne	27.7	19.5	24.1	24.1	34.1
	Ecart type	8.8	7.7	9.2	6.7	7.9

Surfaces (m²)	Nb	1243	243	11	80	36
	Min.	7	53	524	282	73
	Max.	29091	34952	17824	33679	18781
	Moyenne	1843	2621	4107	4659	2052
	Ecart type	2826	4336	5011	7725	3715

illustration 17 – Synthèse des valeurs de pente et de surface des enveloppes de propagation

L'illustration 18 présente des exemples des phénomènes considérés sur la commune du Mont-Dore.



illustration 18 – Différents types de phénomènes rencontrés sur la commune : a) Lave torrentielle, Col des deux tétons ; b) Glissement grossier, Vallée de la Coulée ; c) Chute de blocs, Yahoué ; Glissement fin, La Coulée.

On dénombre 24 GGV (Grands glissements de versant) sur la commune. Un de ces événements est le glissement dit « du Mont-Dore » qui affecte le versant Sud du Mont-Dore et dont la réactivation partielle a été observée en 1988 lors du passage du cyclone Anne (illustration 19).

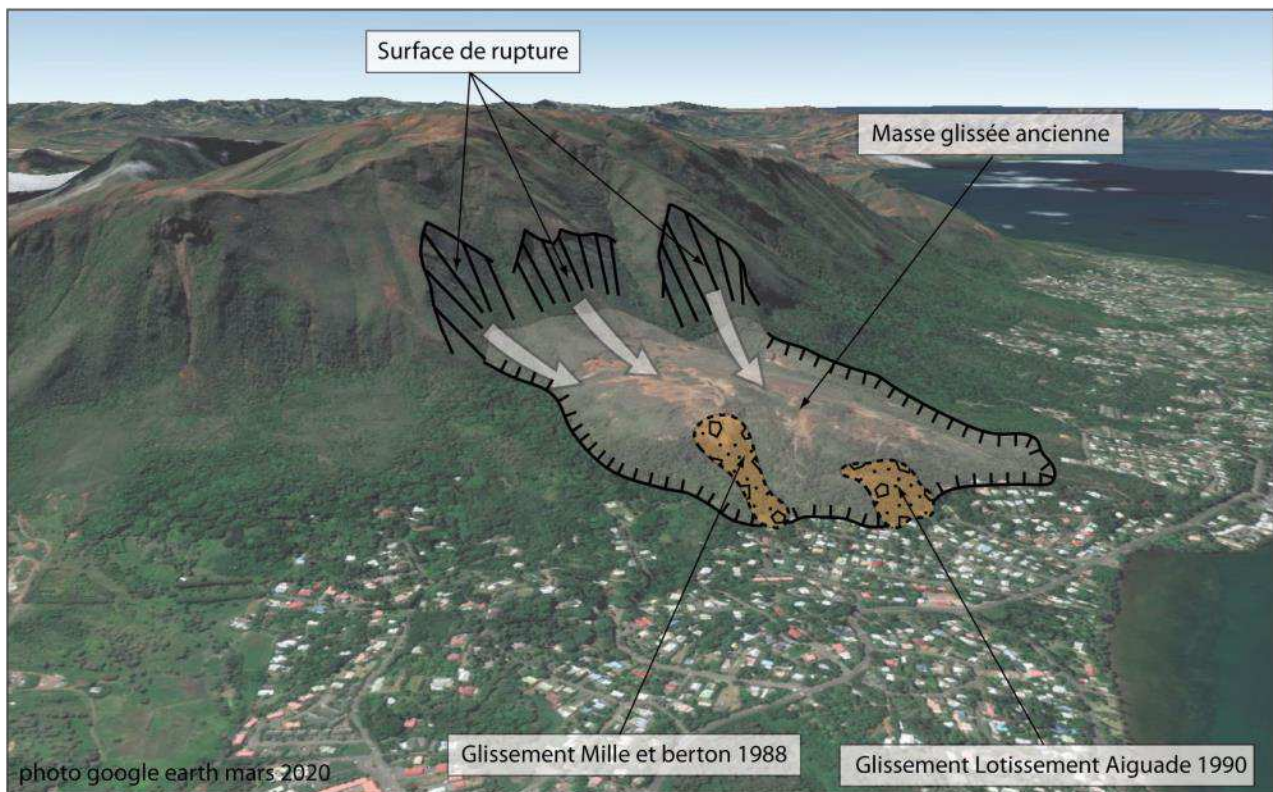


illustration 19 – Vue 3D habillée sur le grand glissement de versant du Mont Dore

La cartes suivantes présentent :

- les évènements recensés sur l'ensemble de la commune (échelle env. 1 : 150 000ème)
- un zoom à l'échelle du 1 : 25 000ème des enveloppes des mouvements.

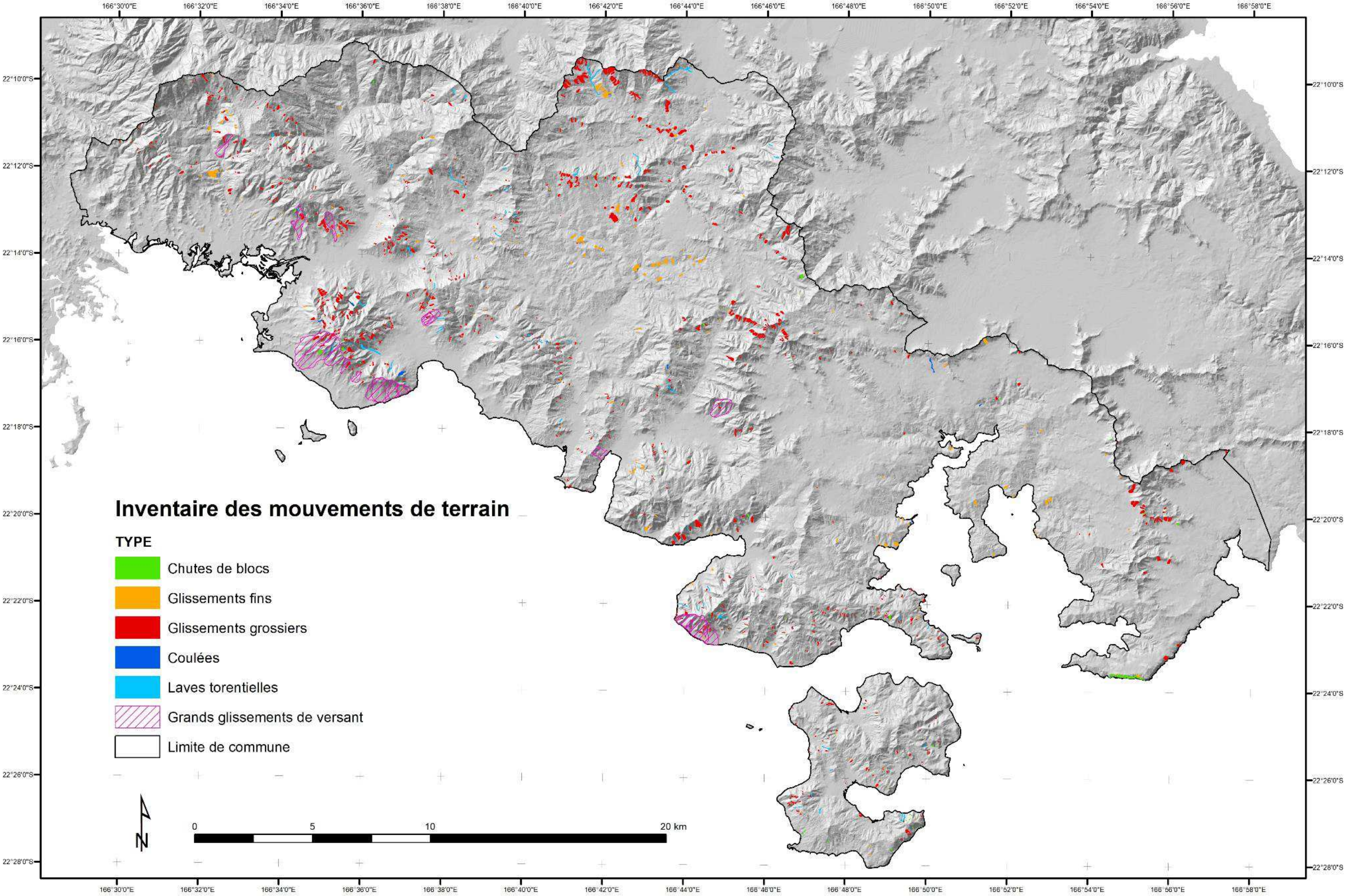


illustration 20 – Inventaire des mouvements de terrain à l'échelle de la commune

5 Résultats

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-70345-FR / DIMENC SGNC-2020(07)). Les facteurs intégrés sont (illustration 21) :

- 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...) ;
- PENTE : pente des terrains évaluée à l'échelle des données topographiques valorisée.

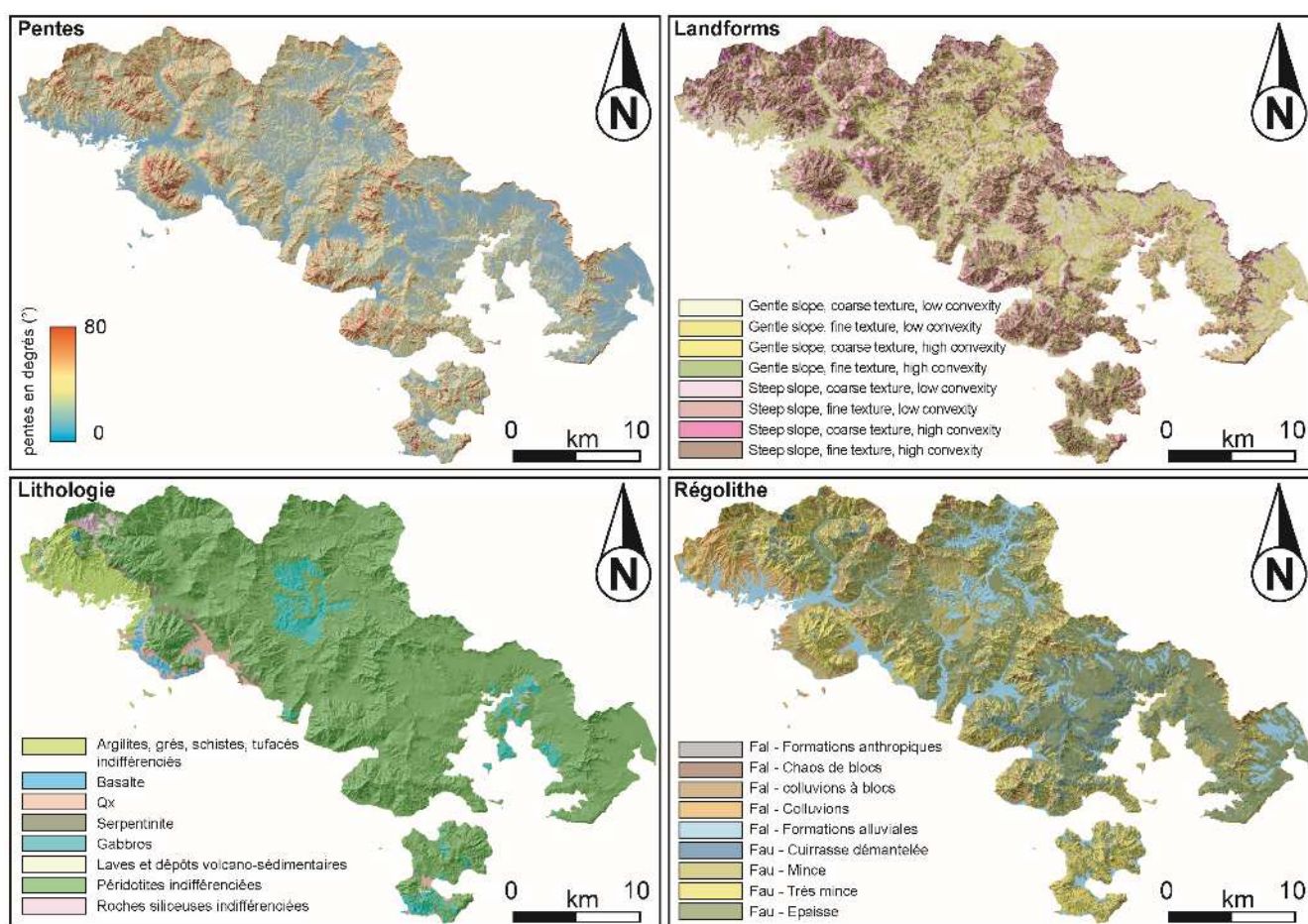


illustration 21 – Cartes de référence des variables valorisées

5.1 GLISSEMENTS GROSSIERS (GG)

5.1.1 Intensité

L'intensité des phénomènes est appréhendée à partir des vitesses estimées des phénomènes et de leur pouvoir destructeur. Les glissements grossiers sont qualifiés avec **un niveau**

d'intensité « Elevée », correspondant à des vitesses de quelques mètres par minute à 5 m.s^{-1} (voir rapport méthodologique).

5.1.2 Atteinte des phénomènes

5.1.2.1 Rupture

Les poids relatifs des variables sont fournis en annexe 2. L'analyse caractérise la susceptibilité de rupture (définie spatialement).

5.1.2.2 Propagation

La propagation des phénomènes est évaluée à partir de l'outil de modélisation FLOW-R en se calant sur les événements acquis lors de l'inventaire. La distribution des valeurs de ligne d'énergie calculées pour les données d'inventaire communal est valorisée pour paramétrer le modèle (voir annexe 2 et illustration 22). Les paramètres de calage retenus sont rappelés en annexe 2.

5.1.2.3 Atteinte (ou occurrence)

De façon simplifiée, la qualification de l'atteinte repose sur une matrice croisant rupture et propagation (multiplication des probabilités). Le passage d'une donnée quantifiée (probabilité) à une qualification de l'atteinte est menée en suivant les recommandations internationales du JTC-1 (Fell et al. 2008).

Probabilité annuelle de rupture	Probabilité de propagation						
	Négligeable	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte	
	10^{-6}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}
Très faible	Nul à négligeable					Négligeable	Très faible
Faible	Nul à négligeable				Négligeable	Très faible	Faible
Moyen	Nul à négligeable			Négligeable	Très faible	Faible	Moyen
Fort	Nul à négligeable		Négligeable	Très faible	Faible	Moyen	Fort
Très fort	Nul à négligeable	Négligeable	Très faible	Faible	Moyen	Fort	Très fort
Très fort	Négligeable	Très faible	Faible	Moyen	Fort	Très fort	Très fort
	1						1
Valeurs d'angle de la ligne d'énergies pour FLOW-R selon probabilité de propagation							
			10°	13°	17°	23°	
Propagations calculées pour les ruptures spatiales qualifiées de "moyenne" à "très forte"							

illustration 22 – Qualification des atteintes (glissement grossiers GG)

5.1.3 Aléa

La carte d'aléa est réalisée par croisement des cartes d'atteinte et d'intensité selon la matrice de l'illustration 23 en appliquant l'intensité des phénomènes de référence retenue :

		Intensité					
		Extrêmement lent	Très lent qq mm/an	Lent à rapide # qq m/jour	Très rapide # qq m/min	Extrêmement rapide	
		Très faible 16 mm/an	Faible 1.6 m/an	Moyenne 3 m/min	Elevée 5 m/s	Très élevée	
Probabilité d'atteinte	Négligeable 10 ⁻⁶	Négligeable	Négligeable	Très faible	Faible	Faible	
	Très faible 10 ⁻⁵	Négligeable	Très faible	Faible	Modéré	Modéré	
	Faible 10 ⁻⁴	Négligeable	Faible	Modéré	Elevée	Elevée	
	Moyen 10 ⁻³	Très faible	Modéré	Modéré	Elevée	Elevée	
	Elevée 10 ⁻²	Faible	Modéré	Elevée	Elevée	Très élevée	
	Très élevée	Faible	Modéré	Elevée	Très élevée	Très élevée	
				GF	GG	LT	

illustration 23 – Matrice de l'aléa pour glissement grossier (GG), glissement fin (GF) et laves torrentielles (LT)

La carte d'aléa « Glissement grossiers » est reportée illustration 28 à l'échelle communale.

5.2 GLISSEMENTS FINS (GF)

5.2.1 Intensité

L'intensité des phénomènes est appréhendée à partir des vitesses estimées des phénomènes et de leur pouvoir destructeur. Les glissements fins sont qualifiés avec **un niveau d'intensité « Moyenne »**, correspondant à des vitesses pouvant atteindre quelques mètres par minute.

5.2.2 Atteinte des phénomènes

5.2.2.1 Rupture

Les poids relatifs des variables sont fournis en annexe 2. L'analyse caractérise la susceptibilité de rupture (définie spatialement).

5.2.2.2 Propagation

La propagation des phénomènes est évaluée à partir de l'outil de modélisation FLOW-R en se calant sur les événements acquis lors de l'inventaire. La distribution des valeurs de ligne d'énergie calculées pour les données d'inventaire communal est valorisée pour paramétrer le modèle (voir annexe 2 et illustration 24). Les paramètres de calage retenus sont rappelés en annexe 2.

5.2.2.3 Atteinte (ou occurrence)

De façon simplifiée, la qualification de l'atteinte repose sur une matrice croisant rupture et propagation (multiplication des probabilités). Le passage d'une donnée quantifiée (probabilité) à une qualification de l'atteinte est menée en suivant les recommandations internationales du JTC-1 (Fell et al. 2008).

		Probabilité de propagation					
Probabilité annuelle de rupture		Négligeable	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
		10^{-6}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}
Très faible	10^{-5}	Nul à négligeable					Négligeable
Faible	10^{-4}	Nul à négligeable				Négligeable	Très faible
Moyen	10^{-3}	Nul à négligeable			Négligeable	Très faible	Faible
Fort	10^{-2}	Nul à négligeable		Négligeable	Très faible	Faible	Moyen
Très fort	10^{-1}	Nul à négligeable	Négligeable	Très faible	Faible	Moyen	Fort
Très fort	1	Négligeable	Très faible	Faible	Moyen	Fort	Très fort
Valeurs d'angle de la ligne d'énergies pour FLOW-R selon probabilité de propagation			7°	9°	12°	15°	
Propagations calculées pour les ruptures spatiales qualifiées de "moyenne" à "très forte"							

illustration 24 – Qualification des atteintes (glissements fins GF)

5.2.3 Aléa

La carte d'aléa est réalisée par croisement des cartes d'atteinte et d'intensité selon la matrice de l'illustration 23 en appliquant l'intensité des phénomènes de référence retenue.

La carte d'aléa « Glissements fins » est reportée illustration 29 à l'échelle communale.

5.3 LAVES TORRENTIELLES ET COULÉES (LT)

5.3.1 Intensité

L'intensité des phénomènes est appréhendée à partir des vitesses estimées des phénomènes et de leur pouvoir destructeur. Les laves torrentielles sont qualifiées avec un **niveau d'intensité « très élevée »**, correspondant à des vitesses très rapides, supérieures à 5 m/s.

5.3.2 Atteinte des phénomènes

5.3.2.1 Rupture

Les poids relatifs des variables sont fournis en annexe 2. L'analyse caractérise la susceptibilité de rupture (définie spatialement).

5.3.2.2 Propagation

La propagation des phénomènes est évaluée à partir de l'outil de modélisation FLOW-R en se calant sur les événements acquis lors de l'inventaire. La distribution des valeurs de ligne d'énergie calculées pour les données d'inventaire communal est valorisée pour paramétrer le

modèle (annexe 2 et illustration 25). Les paramètres de calage retenus sont rappelés en annexe 2.

5.3.2.3 *Atteinte (ou occurrence)*

De façon simplifiée, la qualification de l'atteinte repose sur une matrice croisant rupture et propagation (multiplication des probabilités). Le passage d'une donnée quantifiée (probabilité) à une qualification de l'atteinte est menée en suivant les recommandations internationales du JTC-1 (Fell et al. 2008).

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

Valeurs d'angle de la ligne d'énergies pour FLOW-R selon probabilité de propagation

12°

Calcul des probabilités relatives de propagation
directement à partir de l'outil FLOW-R

Propagations calculées pour les ruptures spatiales qualifiées de "Faible" à "Très forte"

illustration 25 – Qualification des atteintes (laves torrentielles LT)

5.3.3 Aléa

La carte d'aléa est réalisée par croisement des cartes d'atteinte et d'intensité selon la matrice de l'illustration 23 en appliquant l'intensité des phénomènes de référence retenue.

La carte d'aléa « Laves torrentielles » est reportée illustration 30 à l'échelle communale.

5.4 CHUTES DE BLOCS (CB)

5.4.1 Intensité

L'intensité des phénomènes est appréhendée à partir des volumes mis en jeu. En 1^{ère} approche il est considéré des volumes jugés représentatifs inférieurs à 1 m³ (classe 0,25-1 m³) pour qualifier l'intensité des phénomènes de chute de blocs (**intensité « moyenne »**). Dans certains contextes difficilement isolables à l'échelle du 1 :25 000^{ème}, des volumes supérieurs peuvent être observés en contexte de massif péridotitique (péridotites saines) ou pour certaines formations spécifiques (listvénites par exemple).

Le parti pris de considérer une intensité « moyenne » pour l'ensemble des faciès susceptibles relève essentiellement du manque de données quantifiées à l'échelle communale. L'enrichissement des inventaires dans le future et/ou le développement d'approches expertes pourrait moduler cette approche ultérieurement.

5.4.2 Atteinte des phénomènes

5.4.2.1 Rupture

Les poids relatifs des variables sont fournis en annexe 2. L'analyse caractérise la susceptibilité de rupture (définie spatialement).

Cette approche est complétée par une analyse experte en tenant compte du fait que pour les phénomènes de chutes de blocs, les données d'inventaire sous estiment largement les occurrences de phénomène a priori. De façon expert on évalue **dans les zones les plus susceptibles** spatialement cartographiées des départs potentiels entre 1 et 10 évènements / 10 km² / an ce qui correspond à une probabilité rupture de niveau « moyen » (ceci correspond à environ 1 évènement pour 100 ans par hectare). On considère ainsi que, globalement, chaque zone de départ identifiée fournira au moins un éboulement dans la période de référence (de 100 ans). Les autres classes sont qualifiées en fonction par décroissance du niveau de rupture.

5.4.2.2 Propagation

La propagation des phénomènes est évaluée à partir de la méthode de la ligne d'énergie. Les retours d'expérience de chutes de blocs dans différents contextes montrent des atteintes qualifiées de fortes pour des valeurs d'angle de la ligne d'énergie de 38 à 40° dans le cas de parois très redressées avec terrain plat ou peu pentu en pied, ou de 32 à 33° pour des configurations plus propices aux propagations à l'aval.

La pauvreté relative de l'inventaire sur la commune ne permet pas de valoriser la donnée évènementielle pour qualifier la propagation (36 évènements discriminant emprises de rupture et de propagation). En conséquence il est retenu de calquer les emprises de propagation sur les valeurs usuelles retenues pour la cartographie en contexte montagneux en hiérarchisant de la probabilité de propagation comme montré sur l'illustration 25). Les paramètres de calage retenus sont rappelés en annexe 2.

5.4.2.3 Atteinte (ou occurrence)

De façon simplifiée, la qualification de l'atteinte repose sur une matrice croisant rupture et propagation (multiplication des probabilités). Le passage d'une donnée quantifiée (probabilité) à une qualification de l'atteinte est menée en suivant les recommandations internationales du JTC-1 (Fell et al. 2008).

		Probabilité de propagation					
Probabilité spatiale de rupture		Négligeable	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
		10^{-6}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}
Très faible	10^{-6}	Nul à négligeable					Négligeable
Faible	10^{-5}	Nul à négligeable				Négligeable	Très faible
Moyen	10^{-4}	Nul à négligeable			Négligeable	Très faible	Faible
Fort	10^{-3}	Nul à négligeable		Négligeable	Très faible	Faible	Moyen
Très fort	10^{-2}	Nul à négligeable	Négligeable	Très faible	Faible	Moyen	Fort
Très fort	10^{-1}	Négligeable	Très faible	Faible	Moyen	Fort	Très fort
	1						
Valeurs d'angle de la ligne d'énergies selon probabilité de propagation			28°	30°	32°	35°	38°
Propagations calculées pour les ruptures annuelles qualifiées de "Moyen" à "Très faible"							

illustration 26 – Qualification des atteintes (chutes de blocs CB)

5.4.3 Aléa

L'aléa est évalué à partir de la matrice générique de l'illustration 27 en appliquant l'intensité des phénomènes de référence retenue :

		Intensité				
		Pierres	Petits blocs	Blocs	Gros blocs	Très gros bloc
		Très faible 0.05 m³	Faible 0.25 m³	Moyenne 1 m³	Elevée 10 m³	Très élevée
Probabilité d'atteinte	Négligeable 10^{-6}	Négligeable	Négligeable	Très faible	Faible	Faible
	Très faible 10^{-5}	Négligeable	Très faible	Faible	Modéré	Modéré
	Faible 10^{-4}	Négligeable	Faible	Modéré	Elevée	Elevée
	Moyen 10^{-3}	Très faible	Modéré	Modéré	Elevée	Elevée
	Elevée 10^{-2}	Faible	Modéré	Elevée	Elevée	Très élevée
	Très élevée	Faible	Modéré	Elevée	Très élevée	Très élevée
		CB				

illustration 27 – Matrice d'aléa pour phénomène de chute de bloc (CB)

La carte d'aléa « Chute de blocs » est reportée illustration 31 à l'échelle communale.

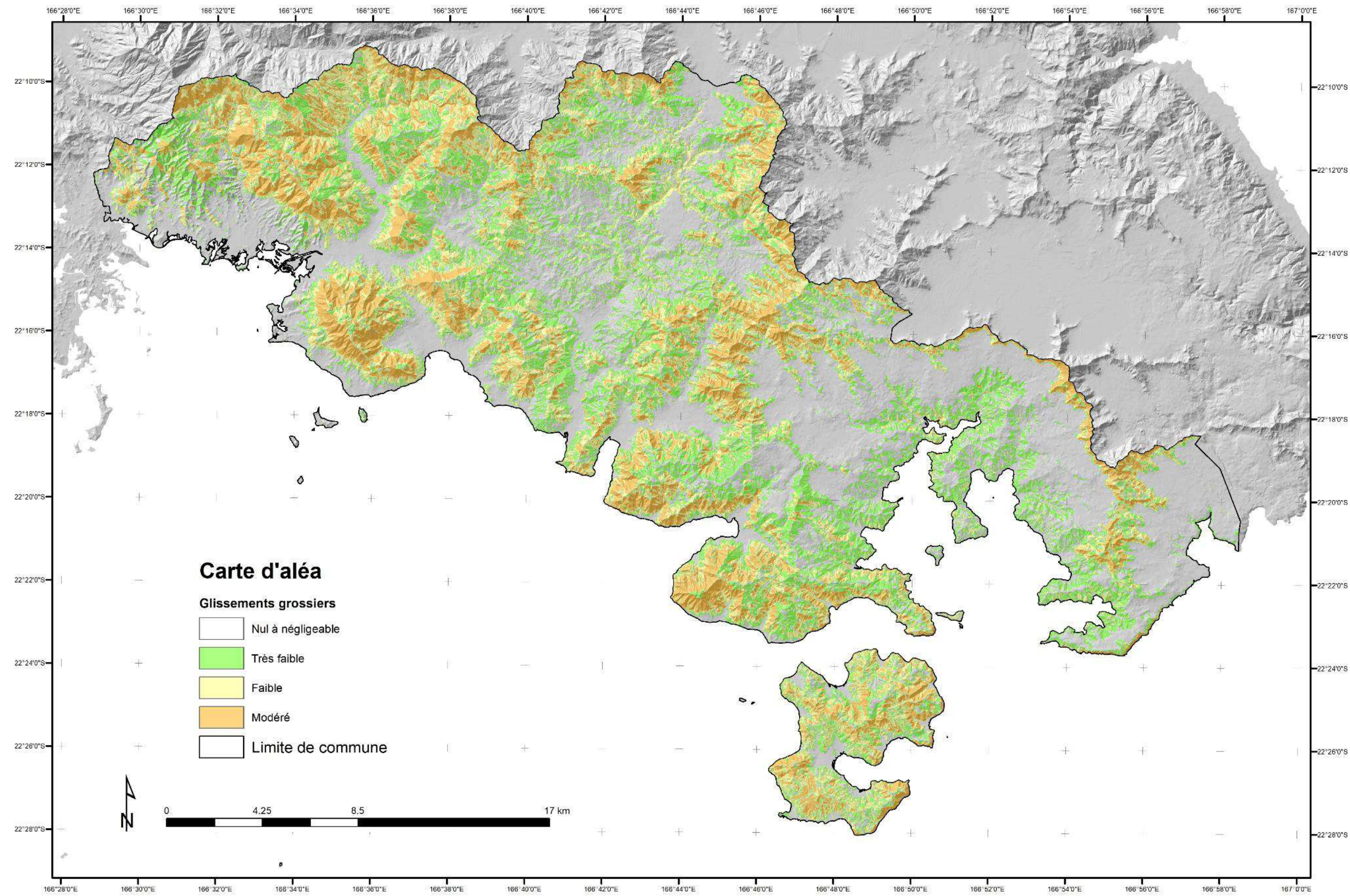


illustration 28 – Carte d'aléa (GG)

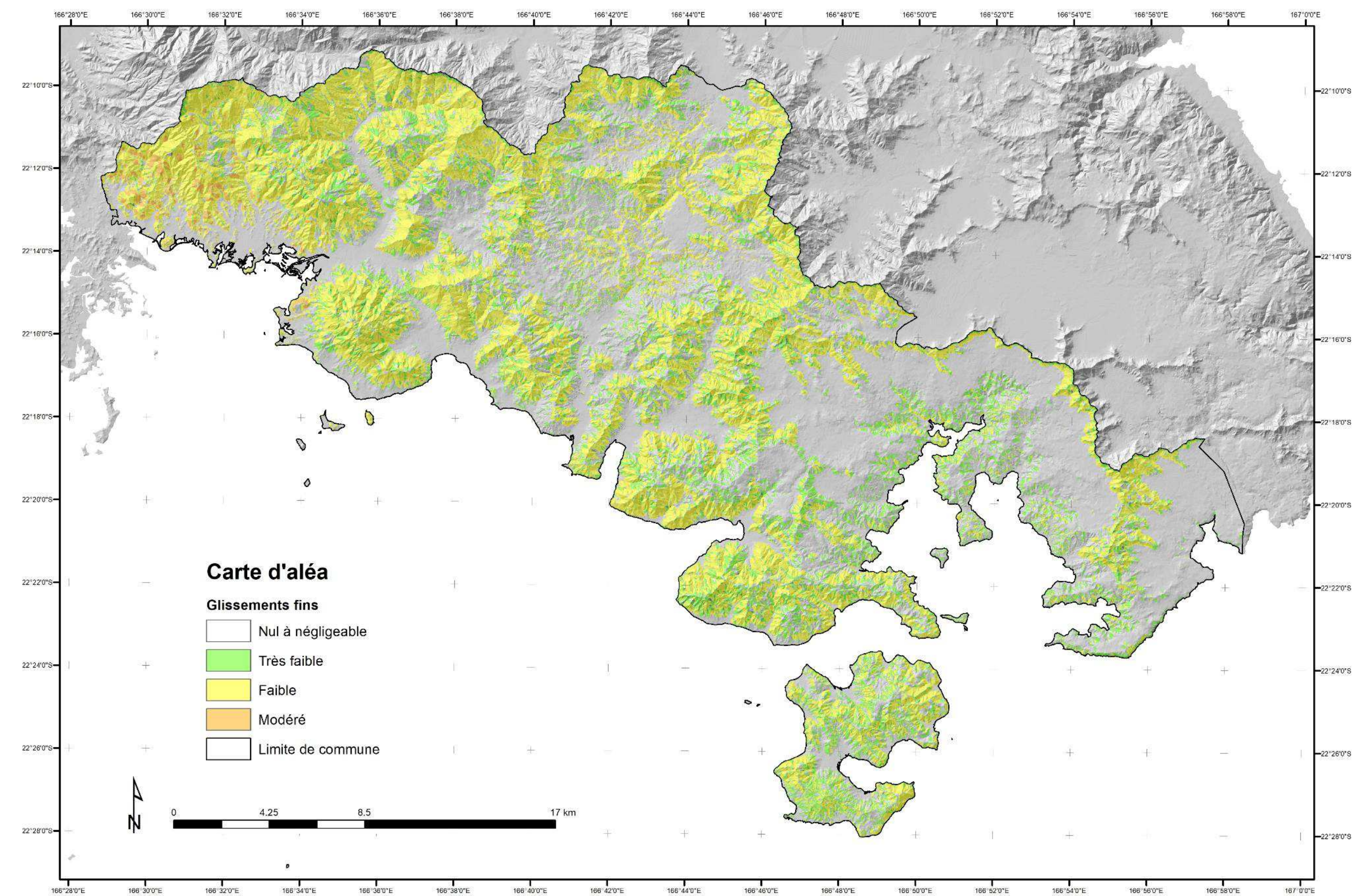


illustration 29 – Carte d'aléa (GF)

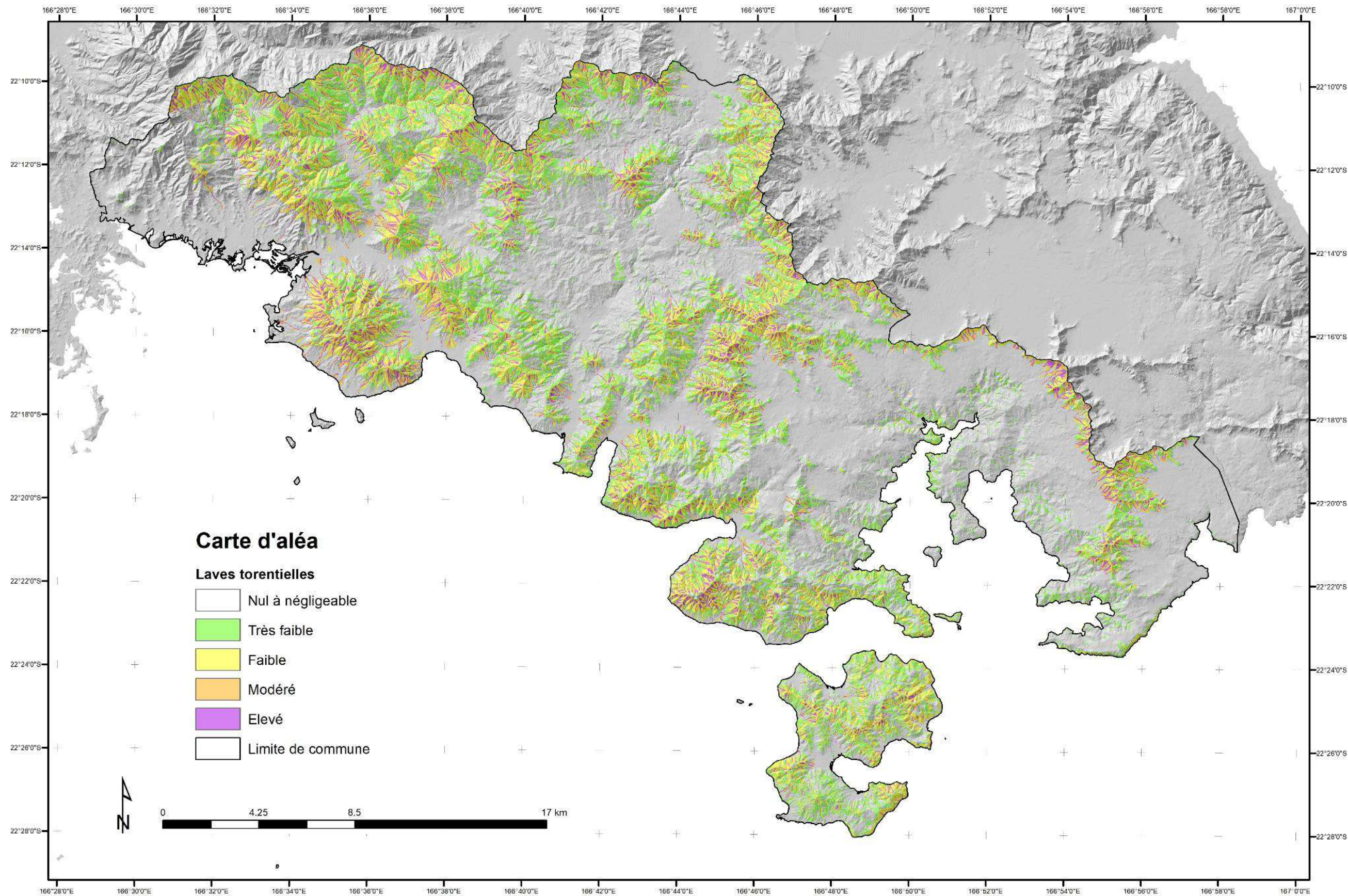


illustration 30 – Carte d'aléa (LT)

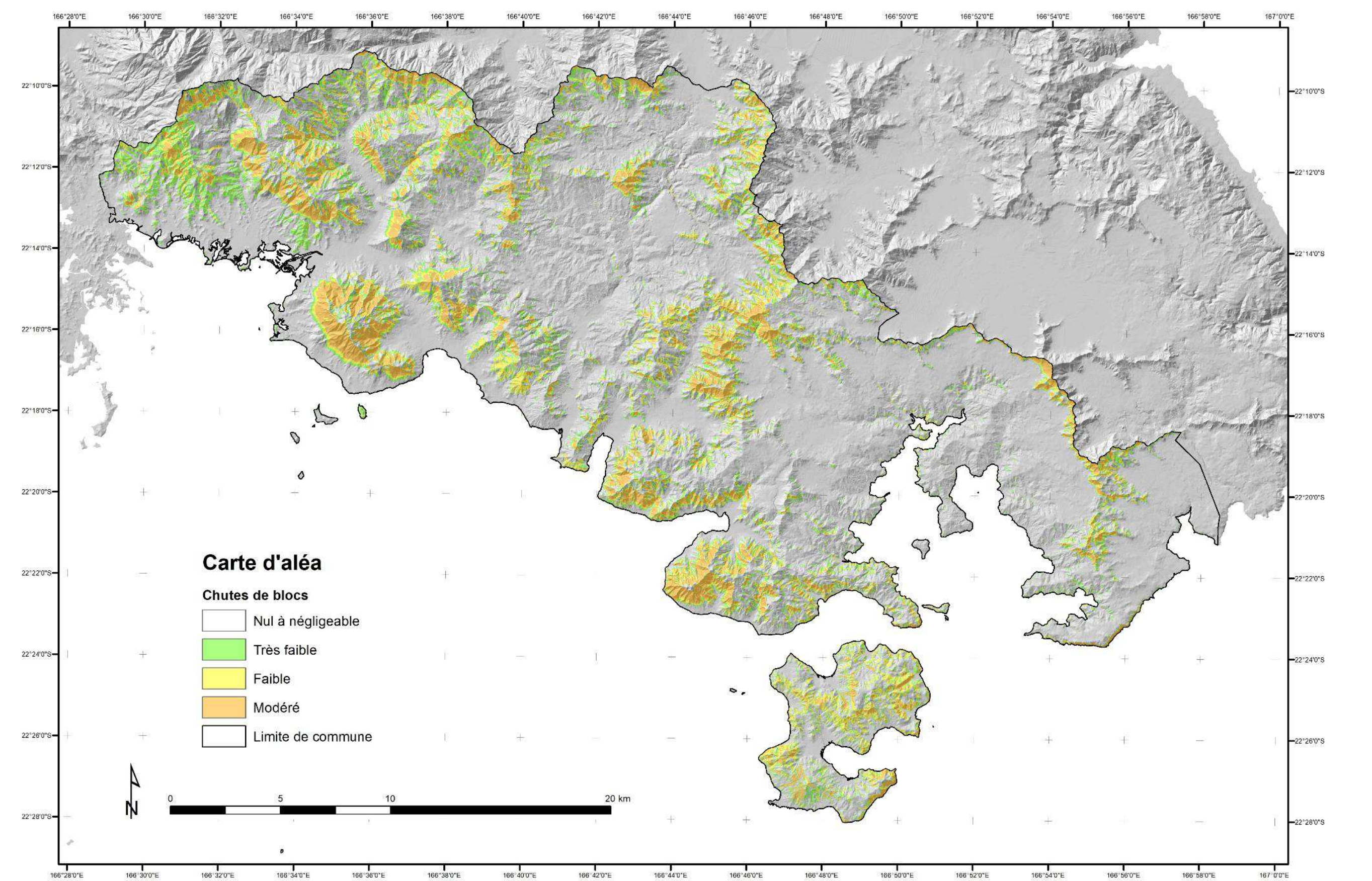


illustration 31 – Carte d'aléa (CB)

5.5 GRANDS GLISSEMENTS DE VERSANTS (GGV)

L'évaluation de l'aléa pour les glissements en très grandes masses n'est pas menée compte tenu du contexte exceptionnel de mise en place de tels événements sur la commune, à l'échelle de l'histoire géologique. Néanmoins, les emprises cartographiques de ces événements sont reportées sur les cartes d'aléa finales.

A l'instar de la zone glissée du Mont Dore, ces secteurs peuvent cependant être le siège de mouvements de terrain périphériques du fait de la déstructuration profonde des masses rocheuses. L'analyse par phénomènes localisés intègre a priori ces aléas mais il est apparu important de garder la mémoire de ces événements historiques dans la cartographie.

5.6 CARTE D'ALÉA 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.

Les illustration 32 et illustration 33 présentent les cartes d'aléa « Mouvement de terrain à l'échelle communale (échelle environ du 1 :150 000^{ème}) et à l'échelle du 1 :25 000^{ème}.

Les restitutions des cartes sont réalisées sous forme d'atlas au format A3, à l'échelle du 1 :25 000^{ème} potentiellement déclinables pour tous les phénomènes.

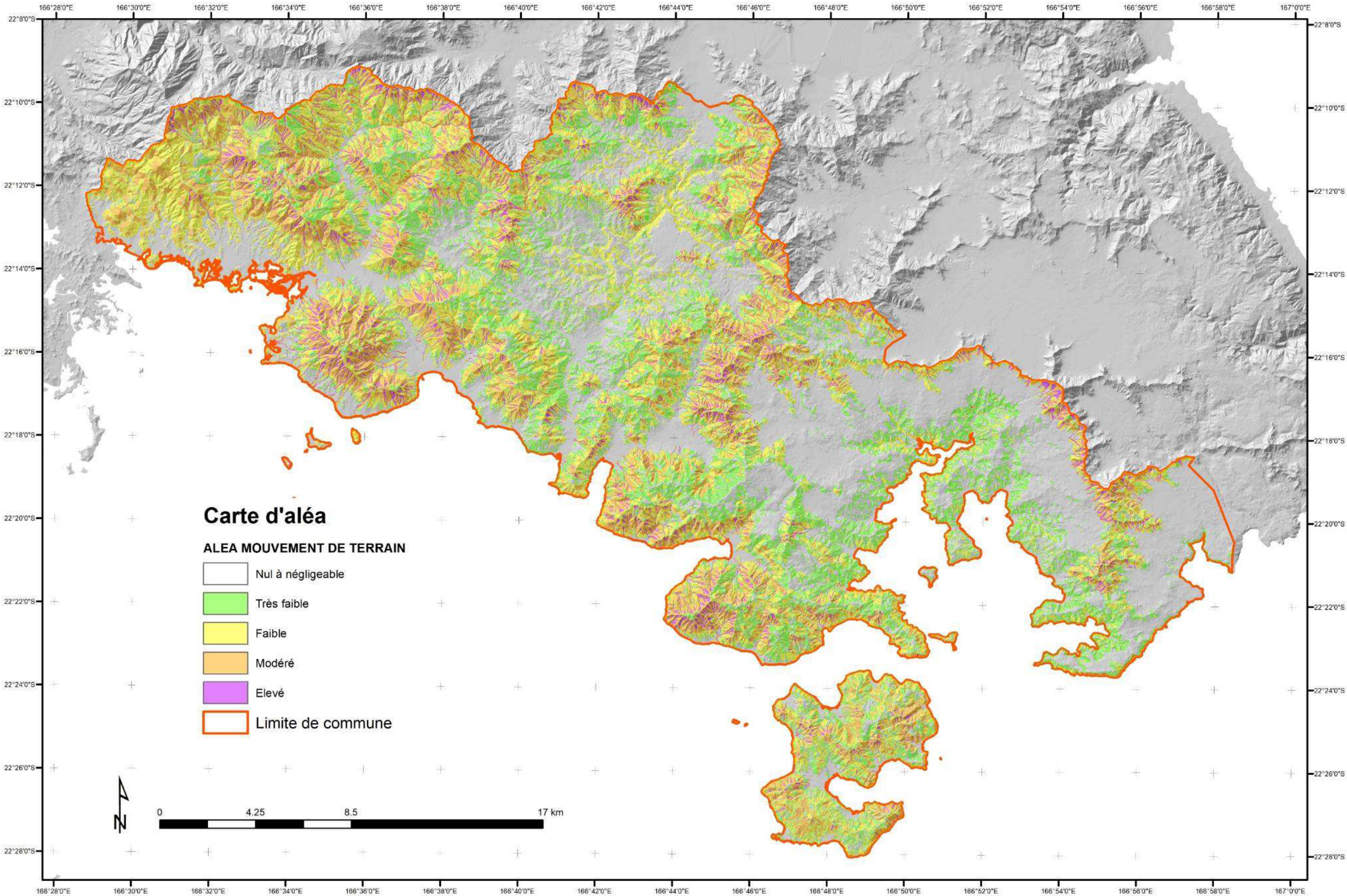


illustration 32 – Exemple de restitution à l'échelle communale (aléa « Mouvement de terrain »)

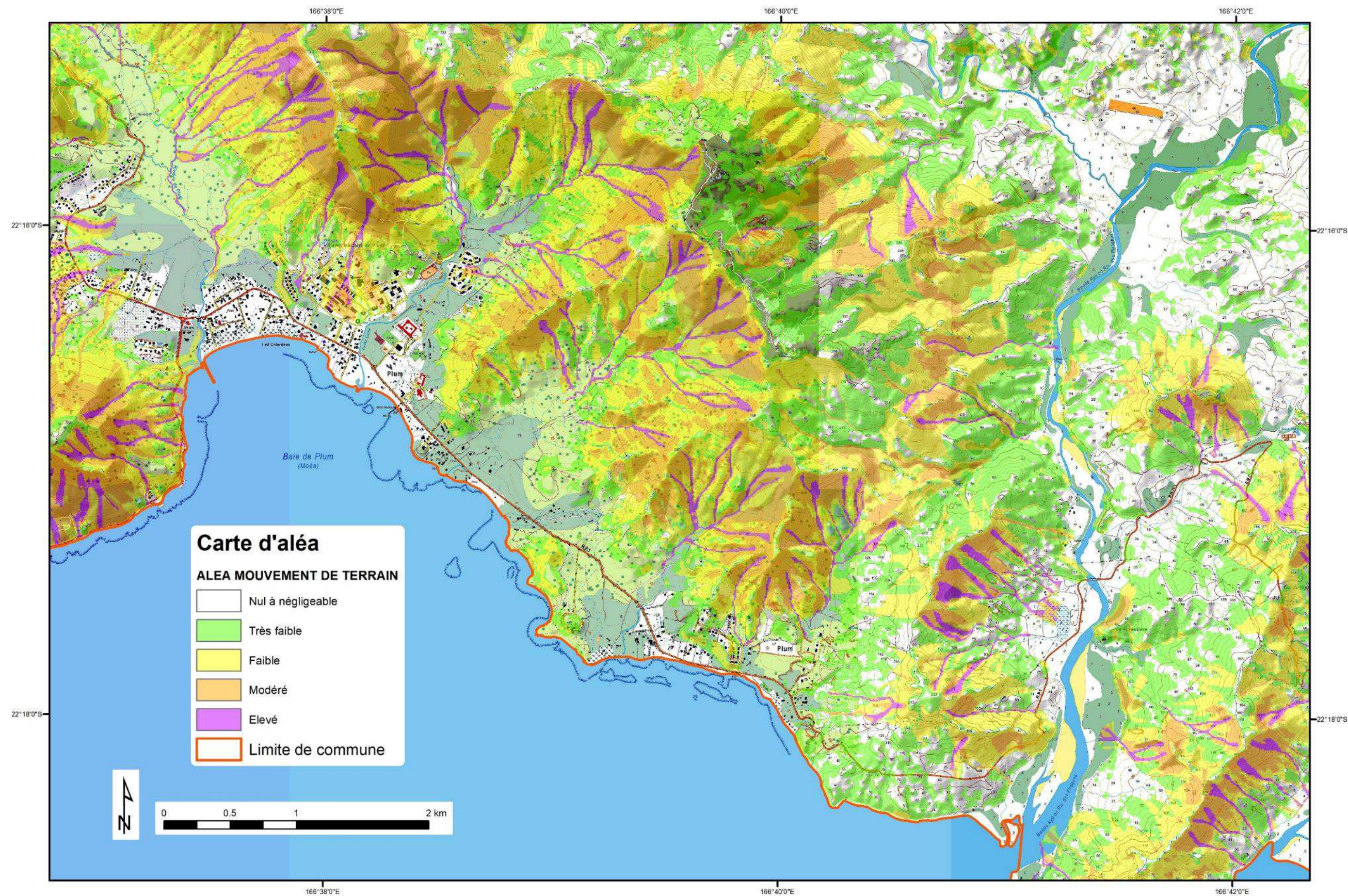


illustration 33 – Exemple de restitution à l'échelle du 1:25 000^{ème} (aléa « Mouvement de terrain »)

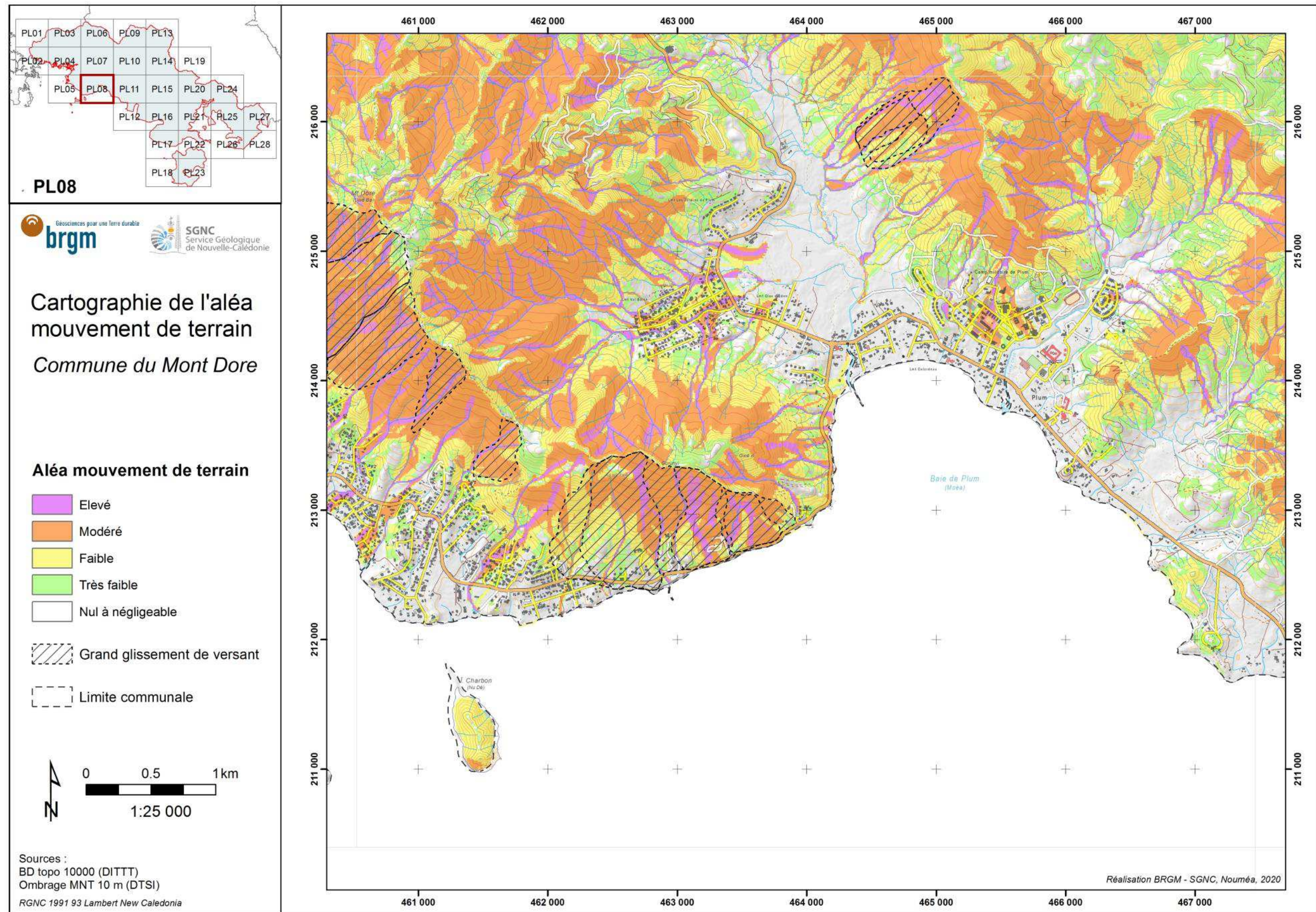


illustration 34 – Exemple de restitution à l'échelle du 1:25 000^{ème} (aléa « Mouvement de terrain ») sous la forme d'atlas

5.7 VALIDATION DES RÉSULTATS - DISCUSSION

5.7.1 Analyse de terrain

A l'appui des cartes, sur une base experte, il s'agit de « vérifier » les emprises des zones d'aléa. Cette analyse est menée en fonction de la connaissance terrain des géologues du SGNC sur la base de visites de sites. Des visites de contrôle ont été menées sur le terrain, notamment au niveau des zones de Robinson, de Yahoué, de La Coulée ainsi que sur l'ensemble des secteurs urbanisés au pied du Massif du Mont Dore afin d'apprécier **à jugement d'expert** de la pertinence et de la finesse des rendus.

Un épisode pluvio-orageux est par ailleurs survenu le 29 février 2020 sur l'extrême sud de la Grande Terre. Avec 385 mm en 6h, il s'agit d'un épisode de récurrence centennale. Deux glissements se sont produits dans les environs du col Paillard derrière l'usine métallurgique de Goro dont l'un ayant évolué en lave torrentielle. Les zones de ces mouvements de terrain ont été correctement identifiées. Il faut noter qu'outre les phénomènes de mouvements de terrain proprement dits, les épisodes climatiques sévères engendrent également des débordements de cours d'eau, parfois chargés, qui relèvent principalement de la dynamique d'inondation.

Ces visites ont permis de faire des observations notamment sur les axes de propagation des laves torrentielles identifiés sur les pourtours du massif du Mont Dore. Les observations de dépôts gravitaires de latérites remaniées à blocs de péridotites corroborent les axes identifiés. De même les versants identifiés comme sujets aux glissements fins et grossiers apparaissent cohérents pour l'œil du géologue.

Ces visites ont également permis de souligner la limite de validité de la cartographie avec une précision de l'ordre de 25m.

5.7.2 Rétro-analyse des événements d'inventaire

La validation des cartes par type de phénomène s'effectue par rétro-analyse sur les données d'inventaire collectées.

Pour la phase de validation statistique, sur le secteur de calage de l'analyse de la susceptibilité de rupture, 50% des événements sont considérée (SC-I : secteur de calage, données introduites) puis les taux de reconnaissance calculés. Ensuite les 50% restants de la population totale (SC-NI), toujours sur le secteur de calage sont introduits dans la simulation et les taux de reconnaissance recalculés. Au final, la simulation est étendue sur l'ensemble du secteur de validation (SV, ici la commune du Mont-Dore).

Les taux de reconnaissance sont calculés pour les classes de susceptibilité à la rupture de « moyenne » à « très forte » (Illustration 35 et en annexe 3) :

Taux de reconnaissance calculé en agrégeant les classes "très forte", "forte" et "modérée"

Type	SC-I	SC-NI	SV
GG	92.9%	93.2%	94.4%
GF	76.0%	74.5%	65.2%
LT	81.8%	73.0%	76.1%
CB	94.7%	87.5%	94.9%

Taux de "non-reconnaissance" (classe "très faible")

Type	SC-I	SC-NI	SV
GG	1.4%	1.4%	1.4%
GF	5.0%	3.5%	5.4%
LT	4.4%	2.1%	4.0%
CB	0.0%	0.0%	2.6%

Illustration 35 – Taux de reconnaissance des évènements selon les phénomènes

Les taux de reconnaissance calculés sont très élevés (> 65% à l'échelle de la commune, proche de 95% pour les chutes de blocs et les glissements grossiers). Les évènements cartographiés échappant à l'analyse sont globalement inférieurs à 5%. Ce constat est lié en grande partie à l'échelle de travail et à la qualité du MNT valorisé. Il est néanmoins pondéré par le fait que l'on s'intéresse ici uniquement à la rupture et que certains évènements (notamment dans les zones de pente faible) pourront être intégrés à la cartographie finale de l'aléa avec la prise en compte de la propagation.

5.7.3 Comparaison avec des cartes existantes

La commune du Mont-Dore a déjà fait l'objet de « cartes d'aléas mouvements de terrain » antérieures, à l'échelle d'un massif, d'un quartier ou d'une parcelle :

- des atlas, sur le massif du Mont-Dore (Maurizot et al, 2001) ;
- d'une étude ponctuelle (GEOS4D, 2019) sur le secteur de Yahoué et Boulari ;
- d'une étude ponctuelle (GeotechNC, 2016) sur l'extension de la zone industrielle de la Coulée.

Une note² précise la comparaison des différents documents, que ce soit du point de vue de la méthode, du périmètre ou des résultats. Ces évaluations ont été réalisées à dire d'expert, basées sur l'expérience et aucune quantification de la rupture, de la propagation, de l'atteinte et de l'aléa n'a été réalisée. Les critères ne sont pas toujours explicités.

Le travail de quantification proposé dans le cadre du présent projet est complémentaire à ces travaux antécédents. Il permet une approche homogène sur l'ensemble du territoire communal et :

- De renforcer la connaissance par type de phénomènes caractéristiques de la commune de Mont-Dore ;
- D'affiner, spatialement les enveloppes de susceptibilité ;
- De prendre de compte distinctement la propagation des phénomènes ;
- De prendre en compte l'intensité du phénomène (évènement de référence redouté à l'échelle centennale) à la définition de l'aléa, ce qui rend les produits utilisables pour une aide à la décision ;

² Note SGNC 2020-08.

- De discriminer spatialement l'aléa selon le type de phénomène, ce qui peut permettre d'adapter la prévention selon les dangers redoutés effectivement ;
- D'intégrer une composante temporelle à l'atteinte et, au final, à l'aléa, ce qui est rarement réalisé.

On peut relever que :

- il est possible, sur les nouveaux documents de bien différencier l'aléa fort, modéré et faible pour les laves torrentielles que ce soit de l'amont vers l'aval. Les secteurs aval sont bien différenciés et il est possible d'observer les secteurs où les matériaux ont le plus de probabilités de se propager et de pouvoir se concentrer sur ces secteurs le cas échéant. Les zones d'épandage des laves semblent plus étendues pour la nouvelle cartographie en comparaison du tracé « torrentiel » antérieur ;
- pour les glissements grossiers, au regard de la taille des phénomènes, et le fait que ces phénomènes se déclenchent sur un large spectre de pentes, les enveloppes d'aléa semblent similaires à la carte antérieure. Toutefois, les classes d'aléa sont « diminuées » d'un niveau, la majeure partie des versants étant qualifiée en aléa « modéré ». Ceci s'explique par le fait que, au-delà du caractère potentiellement destructeur de ces phénomènes, leur fréquence temporelle est faible, voire très faible. Ainsi, l'aléa tenant compte de la temporalité et de l'intensité ne peut être qualifié de fort mais au maximum de modéré.

Cette classe d'aléa « modéré » suppose bien que ces phénomènes sont à redouter dans la période de référence, et doivent par conséquent être pris en considération dans l'aménagement.

- Enfin, la présente cartographie intègre les chutes de blocs qui ne sont pas mentionnés sur les évaluations antérieures.

5.8 ANALYSE DES RÉSULTATS À L'ÉCHELLE COMMUNALE

La synthèse des résultats à l'échelle communale est présentée illustration 36. La commune du Mont Dore est concernée par l'aléa mouvement de terrain sur les deux-tiers de son territoire (63%). Les zones d'aléa élevé à modéré représentent environ 21% du territoire communal.

Selon le type de phénomène, les glissements grossiers représentent largement l'aléa le plus représenté (près de 60% du territoire communal, 371 km² toutes classes d'aléa confondues).

Les laves torrentielles, phénomène dangereux et destructeurs sont qualifiées par un niveau d'aléa « élevé » sur environ 26 km², soit 4% du territoire communal.

Les zones de versants situées sur secteurs de Yahoué, Pont des Français, La Conception, Robinson, Boulari sont globalement soumis à des aléas faibles à modérés. On notera toutefois des axes de propagation de laves torrentielles depuis les hauteurs du Mont Algoué dont se prolongeant dans la vallée de la rue des Palourdes, l'autre se propageant dans la fonde vallée derrière le Mont Tabor.

Au-delà et vers le sud, à partir de Saint Louis, la Coulée, les aléas deviennent largement modérés pour les hauts de versants des massifs de péridotite. En outre, de façon assez systématique, les axes de talwegs sont affectés d'un aléa élevé en raison de la possible propagation de lave torrentielle. Cette configuration est générale sur l'ensemble de massif du

Mont Dore, quel que soit le secteur, ainsi qu'au niveau des versants littoraux du secteur de Plum.

Vers le grand sud, les zones d'aléa se réduisent à mesure que la topographie s'aplatie dans les grands plateaux cuirassés, les aléas ne subsistant qu'au voisinage des crêtes rocheuses. Signalons enfin les falaises littorales du Cap NDua, très raides et sujettes au chute de bloc et écoulement en masse.

Surfaces exposées (km²)

		GG	GF	LT	CB	ALEA MVT
Aléa (km ²)	Nul à négligeable	260.3	311.1	376.2	478.5	231.2
	Très faible	152.6	98.9	107.6	55.0	121.6
	Faible	114.5	217.3	85.3	47.0	143.6
	Modéré	104.0	4.0	36.3	50.8	108.9
	Elevé	-	-	26.0	-	26.0
	Total "Aléa"	371.0	320.2	255.2	152.8	400.1

Surfaces exposées (% de la surface communale)

		GG	GF	LT	CB	ALEA MVT
Aléa (% commune)	Nul à négligeable	41%	49%	60%	76%	37%
	Très faible	24%	16%	17%	9%	19%
	Faible	18%	34%	14%	7%	23%
	Modéré	16%	1%	6%	8%	17%
	Elevé	-	-	4%	-	4%
	Total "Aléa"	59%	51%	40%	24%	63%

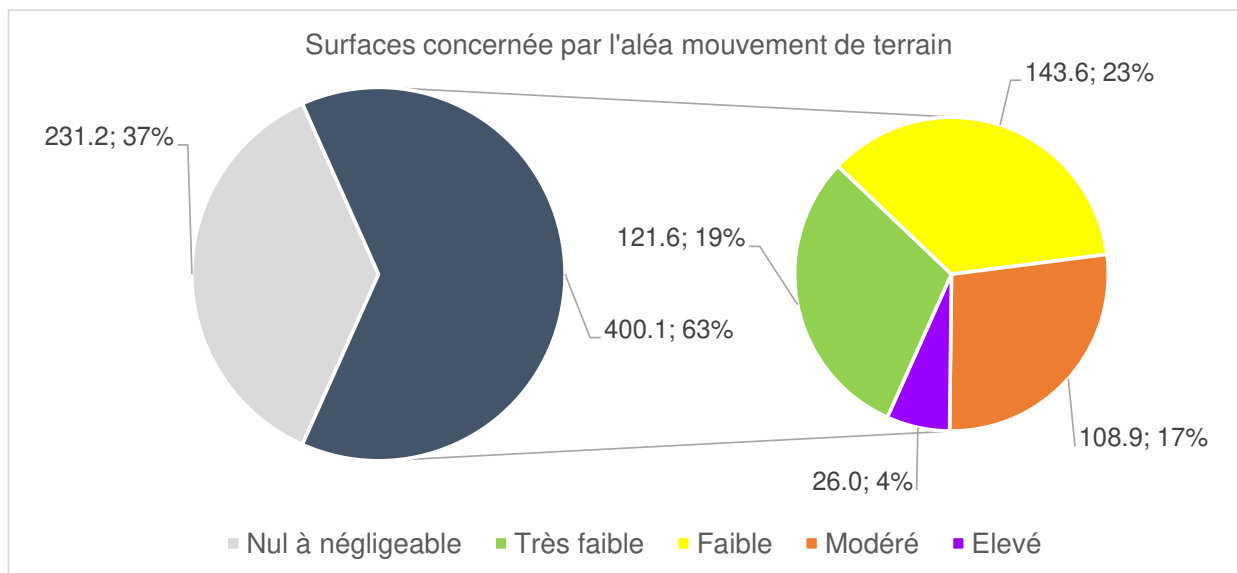


illustration 36 – Surfaces communales exposées à l'aléa selon le type de phénomènes

6 Conclusion et perspectives

La cartographie de l'aléa mouvement de terrain à l'échelle du 1 :25 000^{ème} menée sur la commune du Mont-Dore s'inscrit dans le cadre d'un programme pluriannuel portant sur quinze communes de Nouvelle-Calédonie. La méthode déployée est décrite en détail dans un rapport méthodologique distinct. Les phénomènes objet des cartes d'aléa sont issus d'un inventaire communal détaillé des mouvements de terrain, regroupés suivant leur type :

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

Sur la commune, il est répertorié 1682 évènements représentés par leurs contours (zone de rupture et de propagation), en précisant leur période d'occurrence. La grande majorité (88%) des évènements recensés sont datés d'avant 1976 (phénomènes repérés sur les images de la campagne 1976). 10% des évènements sont identifiés entre 1976 et 2008 et 2% depuis 2008 (qualifiés de « récents »).

La cartographie par phénomène proposée permet une approche homogène sur l'ensemble du territoire communal en distinguant rupture et propagation en développant une approche pseudo-quantifiée. Au final une carte d'aléa « Mouvement de terrain », agrégeant les cartes par phénomène est proposée. La synthèse des résultats à l'échelle communale montre que la commune est concernée par l'aléa mouvement de terrain sur les deux-tiers de son territoire (63%). Les zones d'aléa élevé à modéré représentent environ 21% du territoire communal.

Surfaces exposées (km²)

		GG	GF	LT	CB	ALEA MVT
Aléa (km ²)	Nul à négligeable	260.3	311.1	376.2	478.5	231.2
	Très faible	152.6	98.9	107.6	55.0	121.6
	Faible	114.5	217.3	85.3	47.0	143.6
	Modéré	104.0	4.0	36.3	50.8	108.9
	Elevé	-	-	26.0	-	26.0
	Total "Aléa"	371.0	320.2	255.2	152.8	400.1

Surfaces exposées (% de la surface communale)

		GG	GF	LT	CB	ALEA MVT
Aléa (% commune)	Nul à négligeable	41%	49%	60%	76%	37%
	Très faible	24%	16%	17%	9%	19%
	Faible	18%	34%	14%	7%	23%
	Modéré	16%	1%	6%	8%	17%
	Elevé	-	-	4%	-	4%
	Total "Aléa"	59%	51%	40%	24%	63%

illustration 37 – Synthèse des surfaces communales exposées à l'aléa mouvement de terrain

De façon assez systématique, les axes de talwegs sont affectés d'un aléa élevé en raison de la susceptibilité de propagation de lave torrentielle. Cette configuration est générale sur l'ensemble de massif du Mont Dore, quel que soit le secteur, ainsi qu'au niveau des versants littoraux du secteur de Plum. Les zones de versants situées sur secteurs de Yahoué, Pont des Français, La Conception, Robinson, Boulari sont globalement soumis à des aléas faibles à modérés. Vers le grand sud, les zones d'aléa se réduisent à mesure que la topographie s'aplatie dans les grands plateaux cuirassés, les aléas ne subsistant qu'au voisinage des crêtes rocheuses. Signalons enfin les falaises littorales du Cap NDua, très raides et sujettes au chute de bloc et écoulement en masse.

La caractérisation des aléas à l'échelle communale, n'est pas une fin en soi. Au-delà, il convient d'apprécier dans quelle mesure les enjeux sont exposés aux aléas naturels, mouvements de terrain et autres. Afin d'initier une réflexion sur le sujet, il est proposé par exemple d'évaluer la distribution des bâtiments exposés à l'aléa mouvements de terrain à partir de la base de données topographique à l'échelle 1:10 000^{ème} de la DITTT. Les bâtiments sont pris dans leur ensemble sans distinction de leur usage (bâtiments publics, privés, habitations, techniques, industriels etc...). Il s'agit ici de donner un ordre de grandeur du nombre d'enjeux concernés.

Niveau d'aléa	Nombre de bâtiments	Pourcentage du parc bâti
Elevé	650	2%
Modéré	1556	6%
Faible	4856	18%
Très faible	1473	6%
Négligeable	17738	68%
Total général	26273	100%

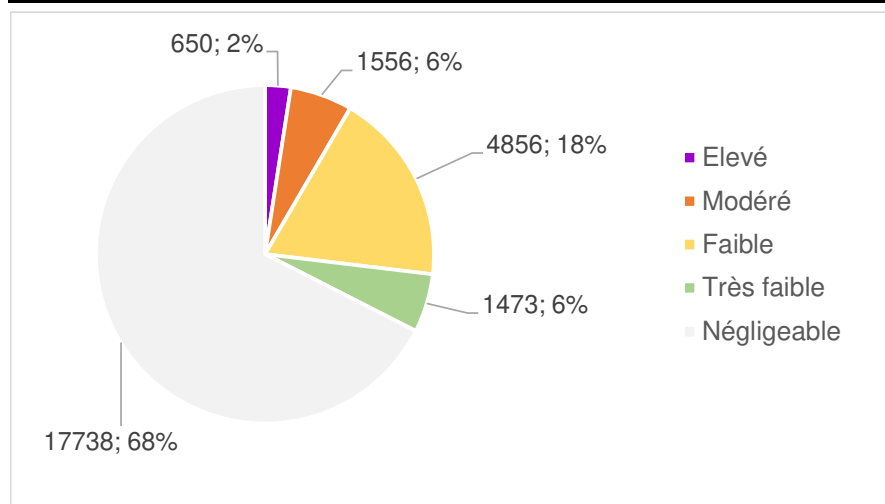


illustration 38 – Distribution des bâtiments exposés à l'aléa mouvements de terrain sur la commune du Mont-Dore

L'étape suivante est la prise en compte de l'aléa mouvement de terrain dans l'aménagement en proposant des prescriptions / recommandations pour les constructions nouvelles et pour le bâti existant selon les aléas effectivement redoutés.

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.*

7.2 RAPPORTS

Géologie

Maurizot P., Vendé-Leclerc M., 2009 - Carte géologique de la Nouvelle-Calédonie au 1/500 000, DIMENC - SGNC, BRGM. Notice explicative par Maurizot P. et Collot J., 2009

Carte géologique de la Nouvelle-Calédonie au 1/200 000 - D'après Paris J.P., 1981, Géologie de la Nouvelle-Calédonie, un essai de synthèse. Mémoire BRGM, N°113, 279 p..

Sevin B., Maurizot P., Vendé-Leclerc M., 2012, Carte géologique du Grand Sud de Nouvelle-Calédonie au 1/50 000, Service Géologique de Nouvelle-Calédonie, Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

Mouvements de terrain

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.

Zones d'emprise couvertes dans le cadre du programme pluriannuel Nouvelle-Calédonie-BRGM de "Cartographie des formations superficielles et des aléas mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie" (1998-2005), 2005, DIMENC-SGNC, BRGM

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

Maurizot, P., 2001 – Cartographie des formations superficielles et des aléas mouvements de terrain et érosion en Nouvelle-Calédonie – Massif du Mont Dore Etude complémentaire pour la prise en compte des risques naturels dans le plan d'Urbanisme Directeur de la commune du Mont Dore, Rap. BRGM/RP – 50 725 FR (pdf)

Maurizot P., Lafoy Y., Vendé-Leclerc M., 2004 - Cartographie des formations superficielles et des aléas mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie, Carte géologique du substrat et des formations superficielles au 1/25 000 - Zone de Prony

Maurizot P., 1990, Commune de terrain du Mont Dore, Mouvements de terrain du 27/02/90, Rapport provisoire des études de phase 1 après cartographie géologique au 1/10 000 et campagne de sondages électriques. Rapport BRGM TA/514/90.

Riondy G., 1990, Etudes géologique et géotechnique préliminaire de trois zones affectées par des mouvements de terrains, Rapport BRGM n° 30690 GEG 4S 90.

Guyomar O., 1997, Cartographie des formations géologiques superficielles et de l'aléa mouvements de terrains sous climat tropical : La région de Robinson (NE de Nouméa), Nouvelle-Calédonie. Rapport de stage, DESS Géologie de l'aménagement. Service des Mines et de l'Energie, Nouméa

Humbert M., Maurzot P., 1989, Cartes au 1/25 000 de zonage et hiérarchisation des risques liés à des mouvements de terrains : 1) dans le Grand Nouméa (Mont-Dore, Dumbéa, Païta). 3 cartes □ 2) à Poindimié, 1 carte.). Rapport BRGM.

Hydrogéologie

Carte hydrogéologique de la Nouvelle-Calédonie au 1/200 000, 2007, SGNC-DIMENC

Jeanpert J., 2010. Hydrogéologie des massifs de péridotites de Nouvelle-Calédonie. Bilan des connaissances et hypothèses de travail. Rapport SGNC-DIMENC. (pdf)

Jeanpert J., 2017, Structure et fonctionnement hydrogéologiques des massifs de péridotites de Nouvelle-Calédonie (Thèse de doctorat, Université de la Réunion) (pdf)

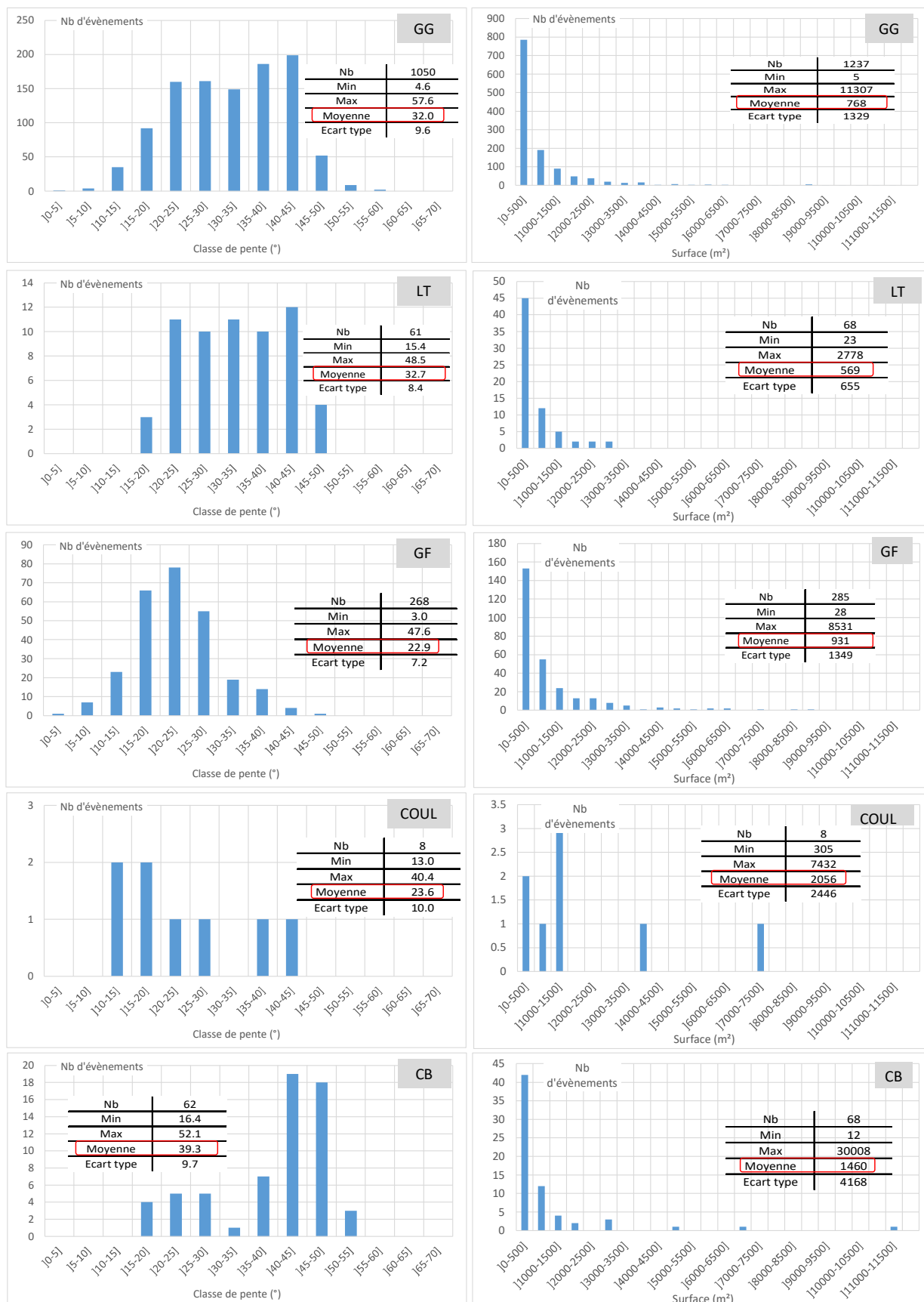
7.3 DOCUMENTS ACADÉMIQUES

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

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

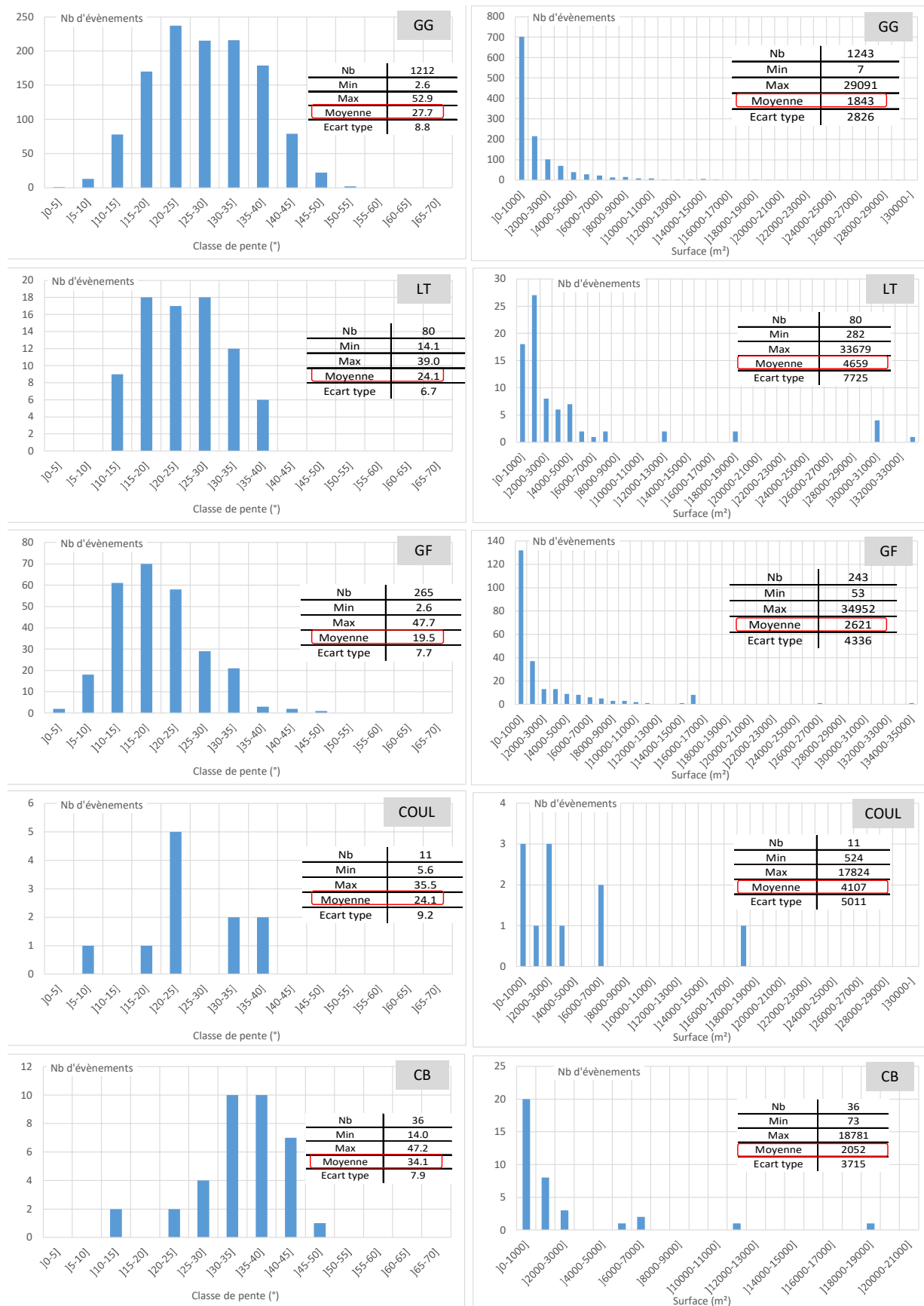
Annexe 1

Caractéristiques morphométriques des données d'inventaire



Distributions des pentes et des surfaces des zones de départ

Carte des aléas mouvements de terrain – Commune du MONT-DORE



Distributions des pentes et des surfaces des enveloppes de propagation

Zones d'initiation

		GG	GF	COUL	LT	CB
Pente moy (°)	Nb	1050	268	8	61	62
	Min.	4.6	3.0	13.0	15.4	16.4
	Max.	57.6	47.6	40.4	48.5	52.1
	Moyenne	32.0	22.9	23.6	32.7	39.3
	Ecart type	9.6	7.2	10.0	8.4	9.7
Surfaces (m ²)	Nb	1237	285	8	68	68
	Min.	5	28	305	23	12
	Max.	11307	8531	7432	2778	30008
	Moyenne	768	931	2056	569	1460
	Ecart type	1329	1349	2446	655	4168

Zones de propagation

		GG	GF	COUL	LT	CB
Pente moy (°)	Nb	1212	265	11	80	36
	Min.	2.6	2.6	5.6	14.1	14.0
	Max.	52.9	47.7	35.5	39.0	47.2
	Moyenne	27.7	19.5	24.1	24.1	34.1
	Ecart type	8.8	7.7	9.2	6.7	7.9
Surfaces (m ²)	Nb	1243	243	11	80	36
	Min.	7	53	524	282	73
	Max.	29091	34952	17824	33679	18781
	Moyenne	1843	2621	4107	4659	2052
	Ecart type	2826	4336	5011	7725	3715
Longueur (m)	Nb	1249	244	11	80	36
	Min.	4	9	57	61	11
	Max.	360	216	519	1292	158
	Moyenne	59	58	163	297	49
	Ecart type	47	48	143	322	36

Enveloppes totales

		GG	GF	COUL	LT	CB
Surfaces (m ²)	Nb	1208	263	11	68	65
	Min.	19	53	611	316	27
	Max.	41797	43483	25257	35658	30008
	Moyenne	2680	3160	5909	4486	2620
	Ecart type	4229	5193	7138	6247	5266

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

		GG	GF	COUL	LT	CB
Angle ligne d'énergie (°)	Nb	1208	236	11	68	63
	Min.	4.6	2.4	6.3	6.3	7.9
	Max.	51.9	37.9	33.8	35.8	58.3
	Moyenne	24.2	15.8	22.5	23.0	34.5
	Ecart type	9.3	6.3	8.5	7.4	12.8
Quantiles	5%	10.6	7.7	11.8	12.7	12.7
	10%	12.7	9.1	17.3	13.8	15.6
	25%	16.9	11.4	17.7	17.3	25.3
	50%	23.2	14.6	19.7	23.8	35.9
	75%	31.5	20.8	31.1	28.9	45.8

Annexe 2

Susceptibilité de rupture **Poids relatifs des variables par type de phénomène**

Aléas mouvement de terrain

MONT-DORE

Surfaces exposées

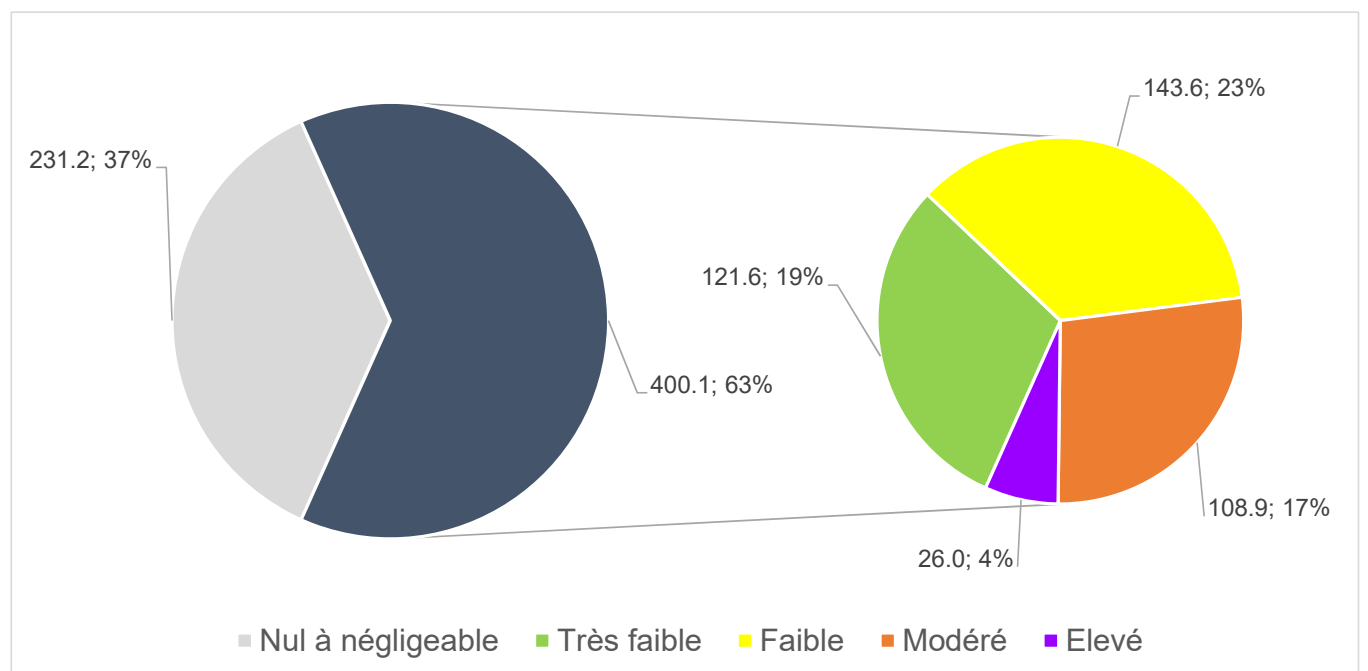
		GG	GF	COUL	LT	CB	ALEA MVT
Aléa (km²)	Nul à négligeable	260.3	311.1	-	376.2	478.5	231.2
	Très faible	152.6	98.9	-	107.6	55.0	121.6
	Faible	114.5	217.3	-	85.3	47.0	143.6
	Modéré	104.0	4.0	-	36.3	50.8	108.9
	Elevé	-	-	-	26.0	-	26.0

Aléa (% commune)	Très faible	41%	49%	-	60%	76%	37%
	Très faible	24%	16%	-	17%	9%	19%
	Faible	18%	34%	-	14%	7%	23%
	Modéré	16%	1%	-	6%	8%	17%
	Elevé	-	-	-	4%	-	4%

Paramètres de propagation (Flow-R / Ligne d'énergie)

		GG	GF	COUL	LT	CB*	
Ligne d'énergie	Très faible	10°	7°	-	12° ↓	28°	
	Faible			-			
	Moyenne	13°	9°	-		30°	
	Forte	17°	12°	-		32°	
	Très forte	23°	15°	-		35-38°	

Paramètres Flow-R	Inertie	Weight = Cosinus	Weight = Cosinus	-	Direction memory: length = 10 - open = 120	12° (ouverture 1/2 cône)	
	Direction	Holmgren (1994) = 25	Holmgren (1994) = 25	-	Holmgren (1994) = 5.0		
	Vitesse	≤ 5.m.s-1	≤ 0.5 m.s-1	-	≤ 10.m.s-1		



Poids des variables (WoE methode > valeur W+, W-, C

Glissements grossiers (GG)		Nb de cellules de la classe	W+	W-	C
Pentes (°) (PENTE)	[0-5]	3	-5.1748	0.1314	-5.3062
	[5-10]	29	-2.6430	0.1278	-2.7708
	[10-15]	115	-1.4021	0.1376	-1.5397
	[15-20]	222	-0.7848	0.1059	-0.8907
	[20-55]	340	-0.1950	0.0292	-0.2242
	[25-30]	369	0.1393	-0.0191	0.1584
	[30-35]	419	0.6314	-0.0774	0.7088
	[35-40]	547	1.3587	-0.1621	1.5208
	[40-45]	548	2.0747	-0.1886	2.2633
	[45-50]	197	2.3931	-0.0648	2.4579
	> 50	75	3.4594	-0.0258	3.4852
Substrat (SUBSTRAT)	Flyschs	0	nd	nd	nd
	Péridotites / Wehrlites	2721	0.3364	-1.8619	2.1983
	Serpentinites	2	-4.3386	0.0543	-4.3929
	Gabbro	73	-1.0474	0.0496	-1.0970
	Basalte	0	nd	nd	nd
	Argilites, grès, schistes tufacés indifférenciés	13	-3.3437	0.1331	-3.4768
	roches siliceuses indifférenciées	55	-0.4647	0.0116	-0.4763
	laves et dépôts volcano-sédimentaires	0	nd	nd	nd
Formation superficielle (FORMSUP)	FAU-mince	407	-0.4674	0.1039	-0.5713
	FAU-épais	182	-1.3796	0.2254	-1.6050
	FAL-chaos blocs	236	0.3597	-0.0268	0.3865
	FAL-colluvions-ND	13	-2.9631	0.0874	-3.0505
	FAU-très mince	1501	1.1237	-0.5558	1.6795
	FAL-colluvions à blocs	226	0.3709	-0.0262	0.3971
	FAL-formations alluviales	284	-0.2839	0.0368	-0.3207
	FAU-cuirasse démantelée	7	-1.8463	0.0132	-1.8595
	FAL-anthropique	8	-0.1733	0.0005	-0.1738
Landform (LANDFORM)	gentle slope, coarse texture, low convexity (1)	61	-2.2371	0.2010	-2.4381
	gentle slope, coarse texture, low convexity (17)	25	-1.6815	0.0393	-1.7208
	gentle slope, coarse texture, high convexity(33)	72	-1.7114	0.1244	-1.8358
	gentle slope, fine texture, high convexityv (49)	42	-1.7349	0.0720	-1.8069
	steep slope, coarse texture, low convexity (6)5	319	0.2700	-0.0292	0.2992
	steep slope, fine texture, low convexity (81)	517	0.3075	-0.0567	0.3642
	steep slope, coarse texture, high convexity (97)	473	0.6412	-0.0895	0.7307
	steep slope, fine texture, high convexity (113)	1355	0.7364	-0.3839	1.1203

Poids des variables (WoE methode > valeur W+, W-, C

Glissements fins (GF)		Nb de cellules de la classe	W+	W-	C
Pentes (°) (PENTE)	[0-5]	13	-1.8773	0.1129	-1.9902
	[5-10]	25	-1.2566	0.0997	-1.3563
	[10-15]	52	-0.7703	0.0998	-0.8701
	[15-20]	105	-0.1081	0.0208	-0.1289
	[20-55]	154	0.4470	-0.0991	0.5461
	[25-30]	178	0.8353	-0.1807	1.0160
	[30-35]	99	0.6128	-0.0743	0.6871
	[35-40]	44	0.2604	-0.0156	0.2760
	[40-45]	11	-0.4162	0.0084	-0.4246
	[45-50]	6	0.3215	-0.0024	0.3239
	> 50				
Substrat (SUBSTRAT)	Flyschs	0	nd	nd	nd
	Péridotites / Wehrlites	298	-0.4496	0.5687	-1.0183
	Serpentinites	5	-1.9953	0.0476	-2.0429
	Gabbro	197	1.3729	-0.2620	1.6349
	Basalte	3	-1.8967	0.0251	-1.9218
	Argilites, grès, schistes tufacés indifférenciés	143	0.4815	-0.0956	0.5771
	roches siliceuses indifférenciées	42	0.6925	-0.0320	0.7245
	laves et dépôts volcano-sédimentaires	0	nd	nd	nd
Formation superficielle (FORMSUP)	FAU-mince	152	-0.0257	0.0074	-0.0331
	FAU-épais	57	-1.1138	0.2043	-1.3181
	FAL-chaos blocs	59	0.3993	-0.0304	0.4297
	FAL-colluvions-ND	141	0.8482	-0.1375	0.9857
	FAU-très mince	92	-0.2444	0.0437	-0.2881
	FAL-colluvions à blocs	11	-1.2262	0.0399	-1.2661
	FAL-formations alluviales	170	0.6296	-0.1426	0.7722
	FAU-cuirasse démantelée	6	-0.5735	0.0068	-0.5803
	FAL-anthropique	0	nd	nd	nd
Landform (LANDFORM)	gentle slope, coarse texture, low convexity (1)	19	-1.9766	0.1943	-2.1709
	gentle slope, coarse texture, low convexity (17)	12	-0.9886	0.0304	-1.0190
	gentle slope, coarse texture, high convexity(33)	42	-0.8235	0.0868	-0.9103
	gentle slope, fine texture, high convexityv (49)	42	-0.3079	0.0237	-0.3316
	steep slope, coarse texture, low convexity (6)5	95	0.4847	-0.0597	0.5444
	steep slope, fine texture, low convexity (81)	65	-0.3404	0.0432	-0.3836
	steep slope, coarse texture, high convexity (97)	168	1.0318	-0.1889	1.2207
	steep slope, fine texture, high convexity (113)	245	0.4513	-0.1830	0.6343

Poids des variables (WoE methode > valeur W+, W-, C

Chutes de blocs (CB)		Nb de cellules de la classe	W+	W-	C
Pentes (°) (PENTE)	[0-5]	0	nd	nd	nd
	[5-10]	0	nd	nd	nd
	[10-15]	2	-3.5124	0.1780	-3.6904
	[15-20]	2	-3.4496	0.1658	-3.6154
	[20-55]	7	-1.8914	0.1054	-1.9968
	[25-30]	6	-1.6551	0.0665	-1.7216
	[30-35]	9	-0.8254	0.0299	-0.8553
	[35-40]	32	0.9510	-0.0518	1.0028
	[40-45]	94	2.7856	-0.2525	3.0381
	[45-50]	126	4.3360	-0.3731	4.7091
	> 50	123	4.7033	-0.3636	5.0669
Substrat (SUBSTRAT)	Flyschs	0	nd	nd	nd
	Péridotites / Wehrlites	432	0.0864	-1.8096	1.8960
	Serpentinites	0	nd	nd	nd
	Gabbro	7	-1.7531	0.0805	-1.8336
	Basalte	0	nd	nd	nd
	Argilites, grès, schistes tufacés indifférenciés	0	nd	nd	nd
	roches siliceuses indifférenciées	0	nd	nd	nd
	laves et dépôts volcano-sédimentaires	0	nd	nd	nd
Formation superficielle (FORMSUP)	FAU-mince	10	-1.9535	0.1521	-2.1056
	FAU-épais	22	-2.1355	0.5003	-2.6358
	FAL-chaos blocs	16	0.3161	-0.0102	0.3263
	FAL-colluvions-ND	0	nd	nd	nd
	FAU-très mince	390	1.7097	-2.0175	3.7272
	FAL-colluvions à blocs	0	nd	nd	nd
	FAL-formations alluviales	0	nd	nd	nd
	FAU-cuirasse démantelée	1	-3.5058	0.0766	-3.5824
	FAL-anthropique	0	nd	nd	nd
Landform (LANDFORM)	gentle slope, coarse texture, low convexity (1)	0	nd	nd	nd
	gentle slope, coarse texture, low convexity (17)	1	-3.0462	0.0468	-3.0930
	gentle slope, coarse texture, high convexity(33)	0	nd	nd	nd
	gentle slope, fine texture, high convexityv (49)	3	-2.4298	0.0739	-2.5037
	steep slope, coarse texture, low convexity (6)5	10	-0.9482	0.0376	-0.9858
	steep slope, fine texture, low convexity (81)	287	1.7941	-0.9455	2.7396
	steep slope, coarse texture, high convexity (97)	5	-1.6951	0.0526	-1.7477
	steep slope, fine texture, high convexity (113)	133	0.5448	-0.1677	0.7125

Poids des variables (WoE methode > valeur W+, W-, C

Laves totentielles (LT)		Nb de cellules de la classe	W+	W-	C
Pentes (°) (PENTE)	[0-5]	0	nd	nd	nd
	[5-10]	0	nd	nd	nd
	[10-15]	4	-1.7228	0.1489	-1.8717
	[15-20]	11	-0.7519	0.1030	-0.8549
	[20-55]	19	-0.0333	0.0055	-0.0388
	[25-30]	27	0.5614	-0.1002	0.6616
	[30-35]	15	0.3379	-0.0346	0.3725
	[35-40]	28	1.4208	-0.1780	1.5988
	[40-45]	17	1.6318	-0.1079	1.7397
	[45-50]	16	2.9154	-0.1178	3.0332
	> 50	0	nd	nd	nd
Substrat (SUBSTRAT)	Flyschs	0	nd	nd	nd
	Péridotites / Wehrlites	133	0.3576	-2.3976	2.7552
	Serpentinites	0	nd	nd	nd
	Gabbro	3	-1.1986	0.0532	-1.2518
	Basalte	0	nd	nd	nd
	Argilites, grès, schistes tufacés indifférenciés	0	nd	nd	nd
	roches siliceuses indifférenciées	1	-1.4317	0.0237	-1.4554
	laves et dépôts volcano-sédimentaires	0	nd	nd	nd
		0			
Formation superficielle (FORMSUP)	FAU-mince	19	-0.4914	0.1078	-0.5992
	FAU-épais	8	-1.4634	0.2306	-1.6940
	FAL-chaos blocs	20	0.9312	-0.0986	1.0298
	FAL-colluvions-ND	0	nd	nd	nd
	FAU-très mince	60	0.9421	-0.3890	1.3311
	FAL-colluvions à blocs	30	1.3912	-0.1911	1.5823
	FAL-formations alluviales	0	nd	nd	nd
	FAU-cuirasse démantelée	0	nd	nd	nd
	FAL-anthropique	0	nd	nd	nd
Landform (LANDFORM)	gentle slope, coarse texture, low convexity (1)	3	-2.2085	0.2001	-2.4086
	gentle slope, coarse texture, low convexity (17)	1	-1.8596	0.0407	-1.9003
	gentle slope, coarse texture, high convexity(33)	0	nd	nd	nd
	gentle slope, fine texture, high convexityv (49)	5	-0.8223	0.0495	-0.8718
	steep slope, coarse texture, low convexity (6)5	7	-0.5097	0.0365	-0.5462
	steep slope, fine texture, low convexity (81)	27	0.3949	-0.0770	0.4719
	steep slope, coarse texture, high convexity (97)	2	-1.7786	0.0764	-1.8550
	steep slope, fine texture, high convexity (113)	92	1.0856	-0.8561	1.9417

Annexe 3

Synthèse des taux de reconnaissance de mouvements de terrain selon le type

SC-I = secteur calage introduits
 SC-NI secteur calage non introduites
 SV = secteur de validation (ensemble de la commune)

Taux de reconnaissance calculé en
 agrégeant les classes "très forte",
 "forte" et "modérée"

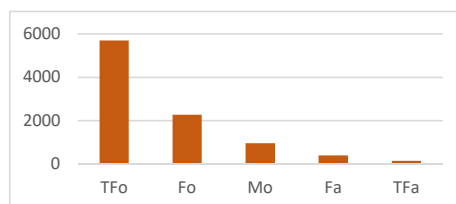
Taux de "non-reconnaissance"
 (classe "très faible")

Type	SC-I	SC-NI	SV
GG	92.9%	93.2%	94.4%
GF	76.0%	74.5%	65.2%
LT	81.8%	73.0%	76.1%
CB	94.7%	87.5%	94.9%

Type	SC-I	SC-NI	SV
GG	1.4%	1.4%	1.4%
GF	5.0%	3.5%	5.4%
LT	4.4%	2.1%	4.0%
CB	0.0%	0.0%	2.6%

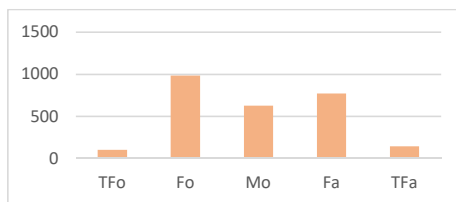
n cellules			
GG	SC-I	SC-NI	SV
TFo	1465	1490	5691
Fo	903	909	2274
Mo	310	316	949
Fa	167	157	393
TFa	39	42	135
Total	2884	2914	9442

%			
	SC-I	SC-NI	SV
TFo	50.80	51.13	60.27
Fo	31.31	31.19	24.08
Mo	10.75	10.84	10.05
Fa	5.79	5.39	4.16
TFa	1.35	1.44	1.43
Total	100	100	100



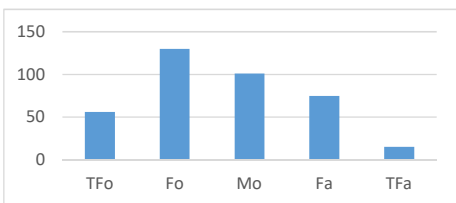
n cellules			
GF	SC-I	SC-NI	SV
TFo	45	56	101
Fo	337	342	985
Mo	150	134	627
Fa	133	157	771
TFa	35	25	142
Total	700	714	2626

%			
	SC-I	SC-NI	SV
TFo	6.43	7.84	3.85
Fo	48.14	47.90	37.51
Mo	21.43	18.77	23.88
Fa	19.00	21.99	29.36
TFa	5.00	3.50	5.41
Total	100	100	100



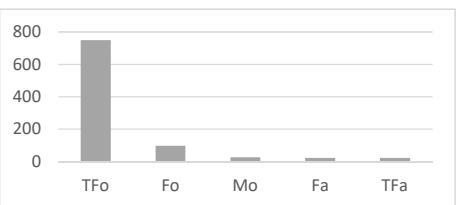
n cellules			
LT	SC-I	SC-NI	SV
TFo	30	20	56
Fo	45	55	130
Mo	37	28	101
Fa	19	35	75
TFa	6	3	15
Total	137	141	377

%			
	SC-I	SC-NI	SV
TFo	21.90	14.18	14.85
Fo	32.85	39.01	34.48
Mo	27.01	19.86	26.79
Fa	13.87	24.82	19.89
TFa	4.38	2.13	3.98
Total	100	100	100



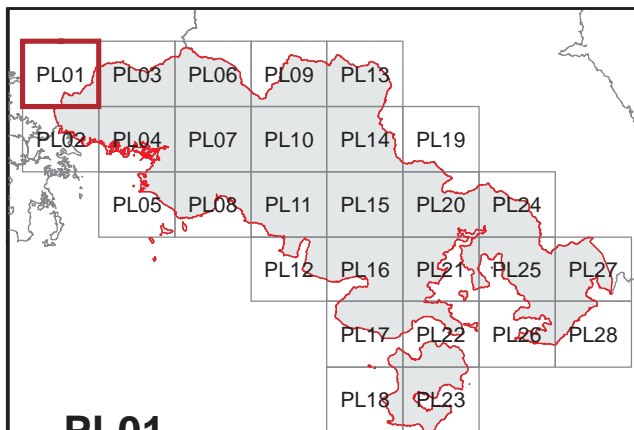
n cellules			
CB	SC-I	SC-NI	SV
TFo	43	23	749
Fo	9	5	99
Mo	2	0	28
Fa	3	4	23
TFa	0	0	24
Total	57	32	923

%			
	SC-I	SC-NI	SV
TFo	75.44	71.88	81.15
Fo	15.79	15.63	10.73
Mo	3.51	0.00	3.03
Fa	5.26	12.50	2.49
TFa	0.00	0.00	2.60
Total	100	100	100



Annexe 4

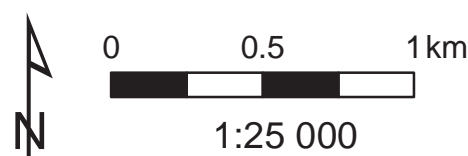
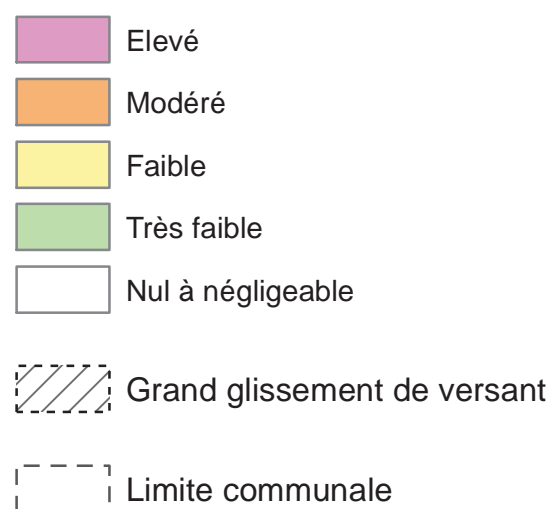
Atlas cartographiques



Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

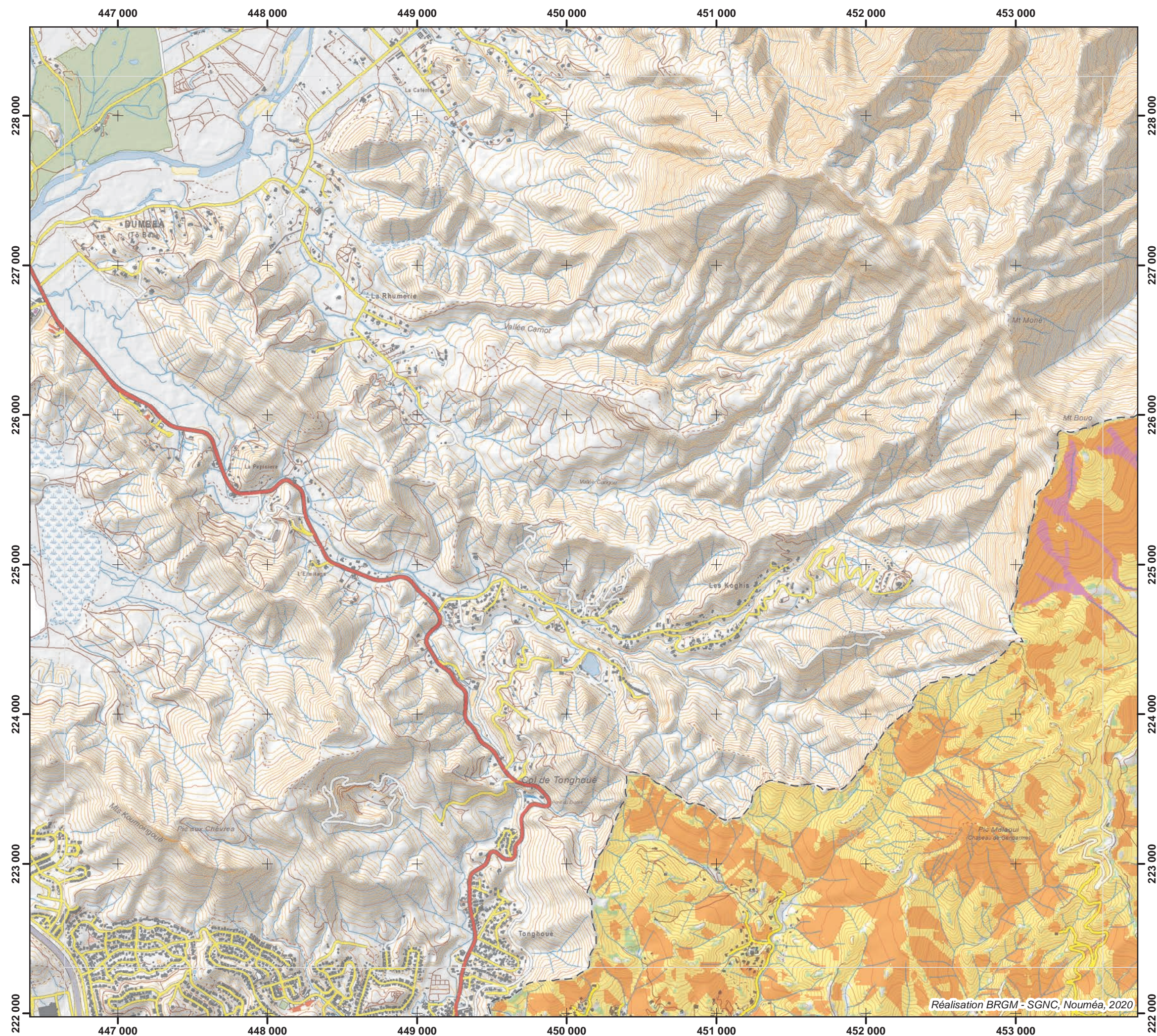
Commune du Mont Dore

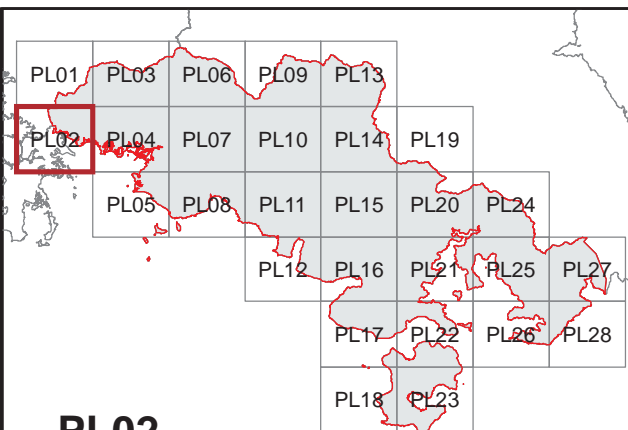
Aléa mouvement de terrain



Sources :
 BD topo 10000 (DITTT)
 Ombrage MNT 10 m (DTSI)

RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia

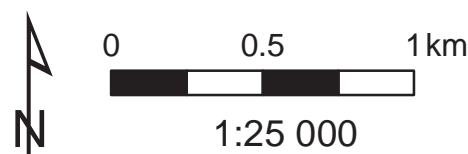
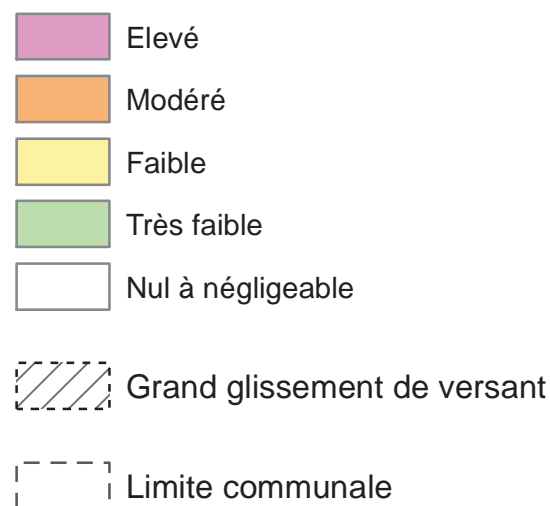




Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

Commune du Mont Dore

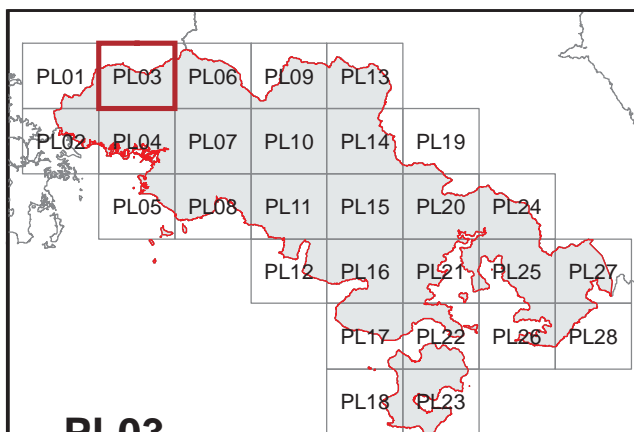
Aléa mouvement de terrain



Sources :
 BD topo 10000 (DITTT)
 Ombrage MNT 10 m (DTSI)

RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia

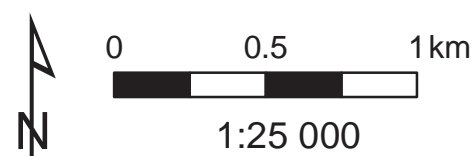
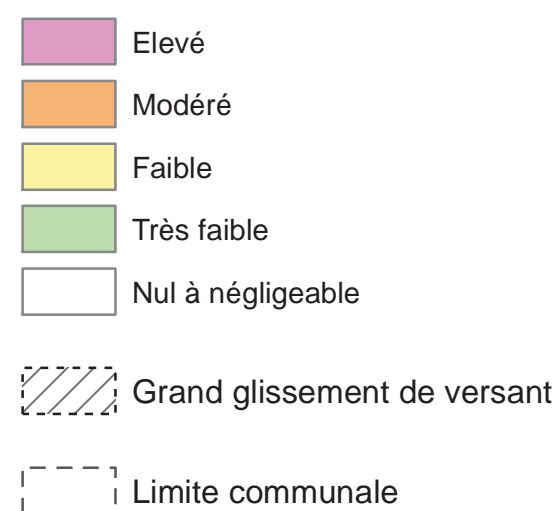




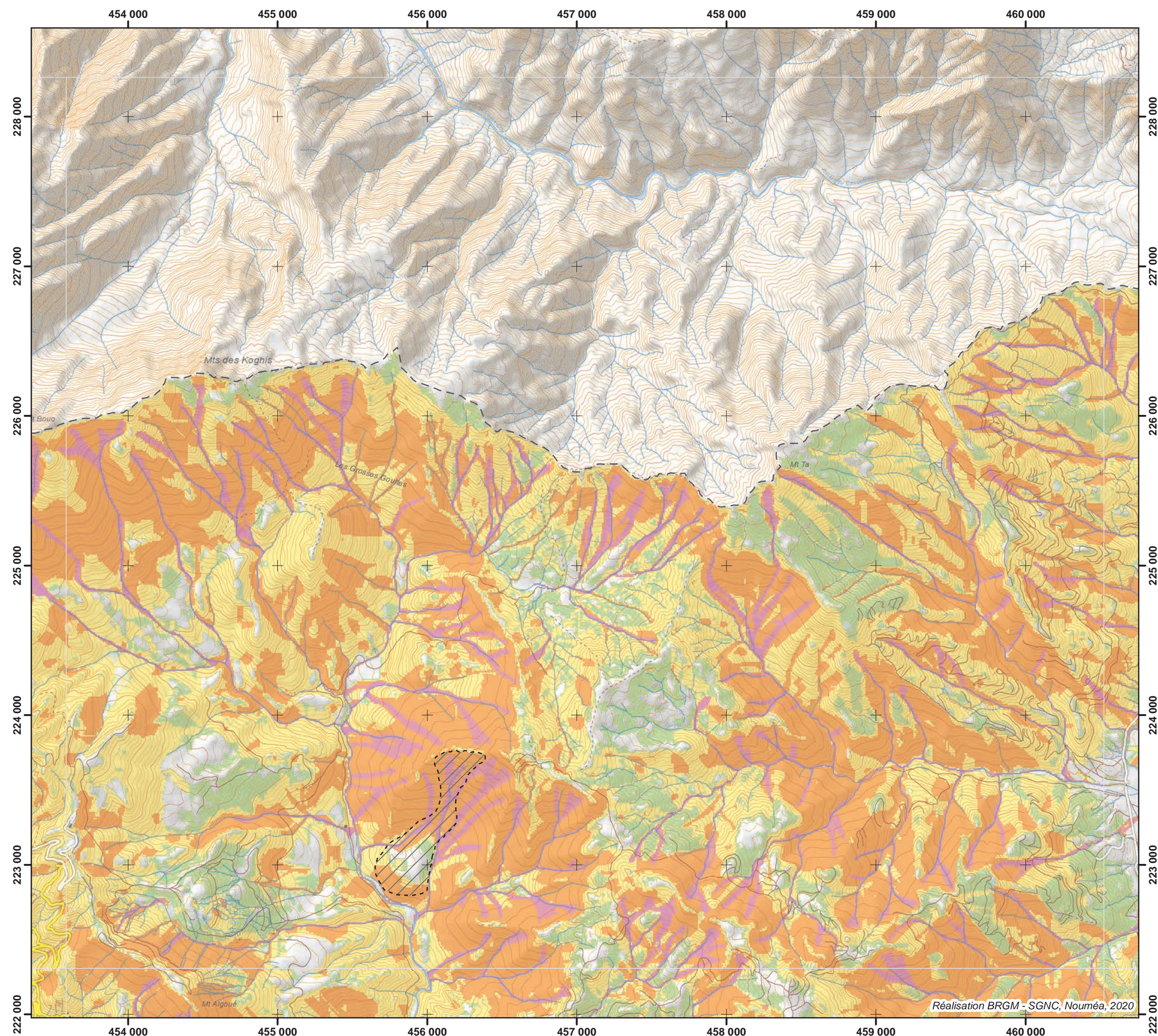
Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

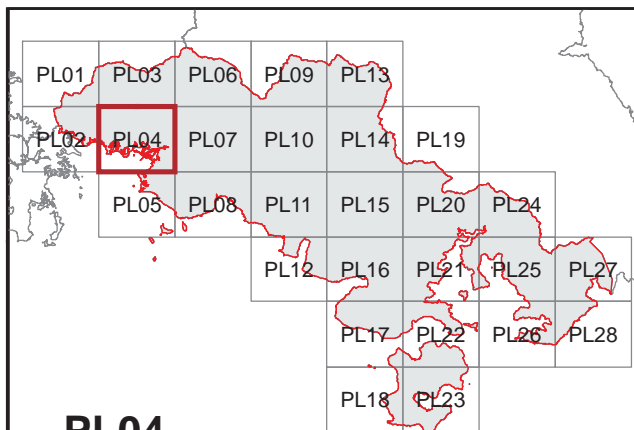
Commune du Mont Dore

Aléa mouvement de terrain



Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)
RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia

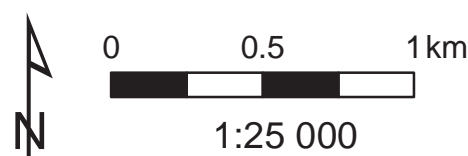
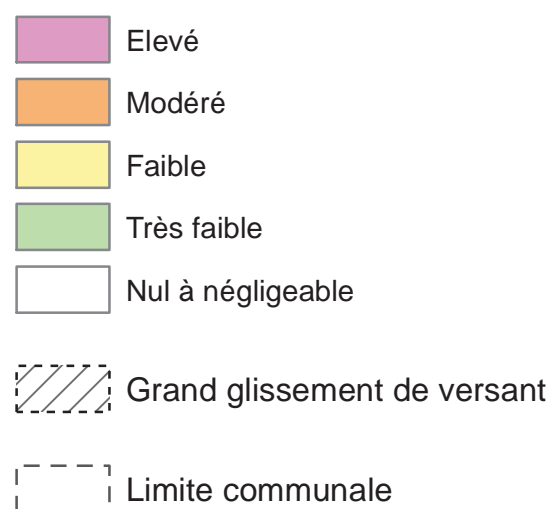




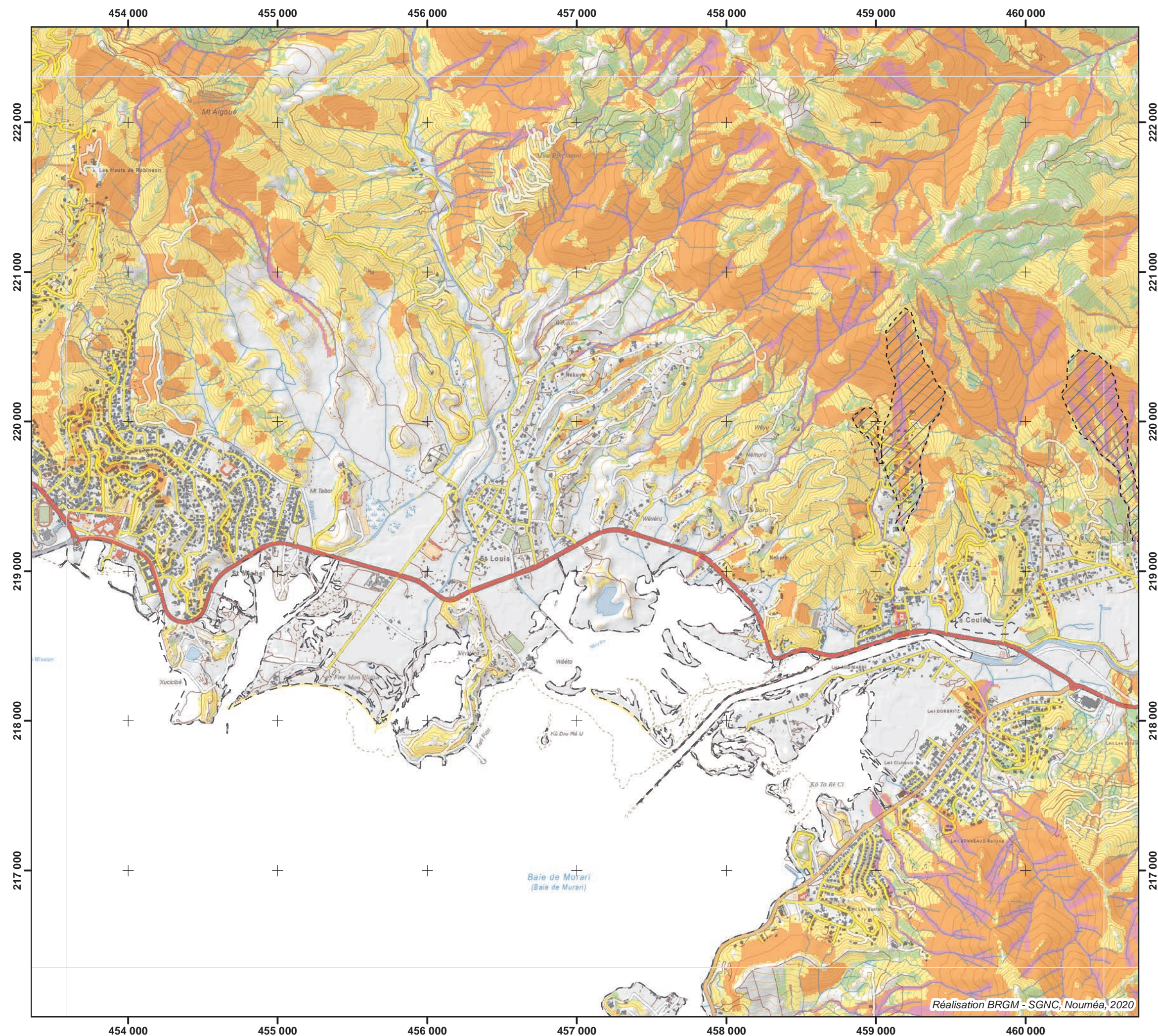
Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

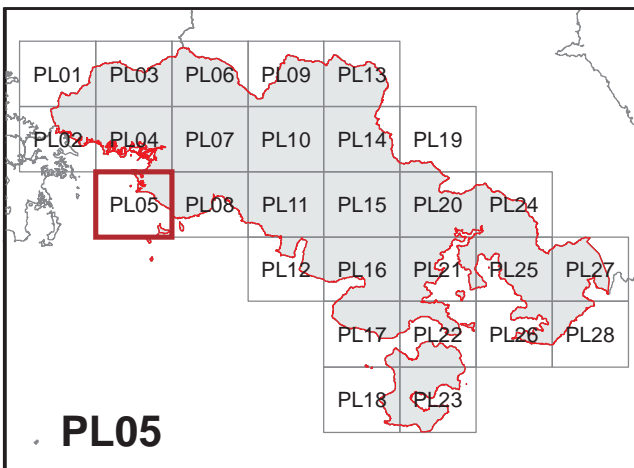
Commune du Mont Dore

Aléa mouvement de terrain



Sources :
 BD topo 10000 (DITTT)
 Ombrage MNT 10 m (DTSI)
 RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia



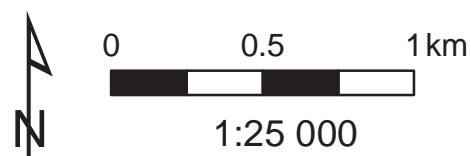


Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

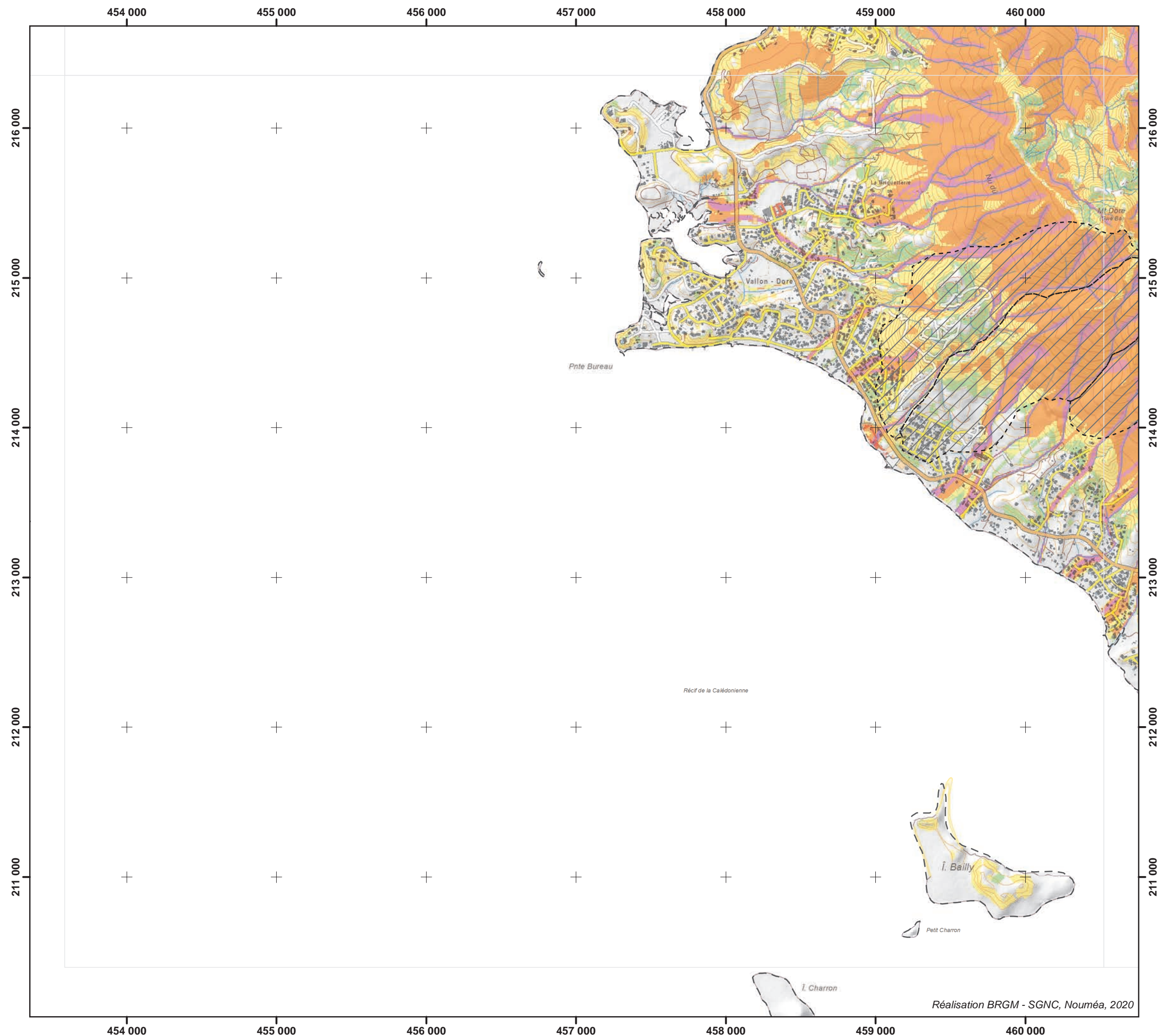
Commune du Mont Dore

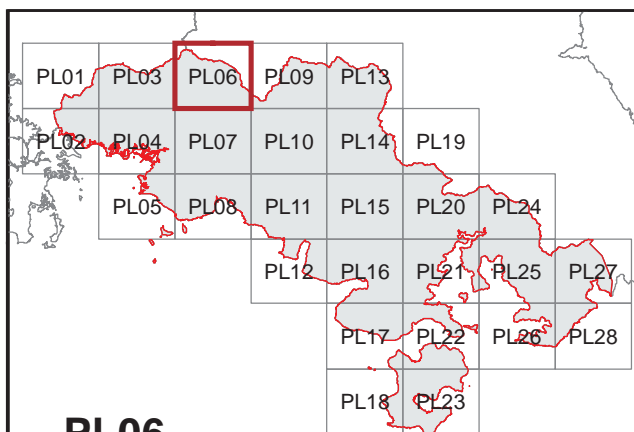
Aléa mouvement de terrain

- Elevé
- Modéré
- Faible
- Très faible
- Nul à négligeable
- Grand glissement de versant
- Limite communale



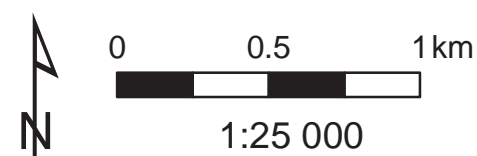
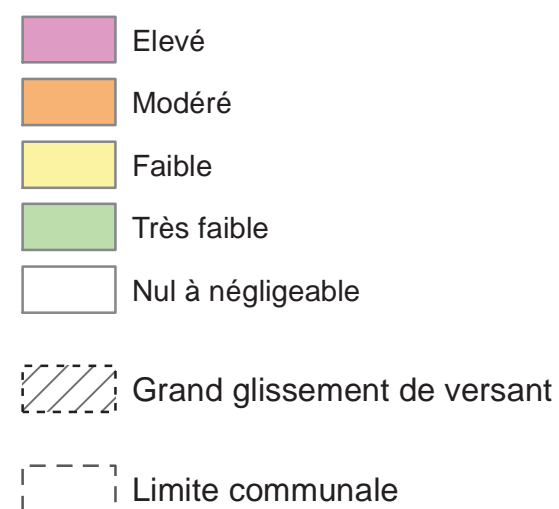
Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)
RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia



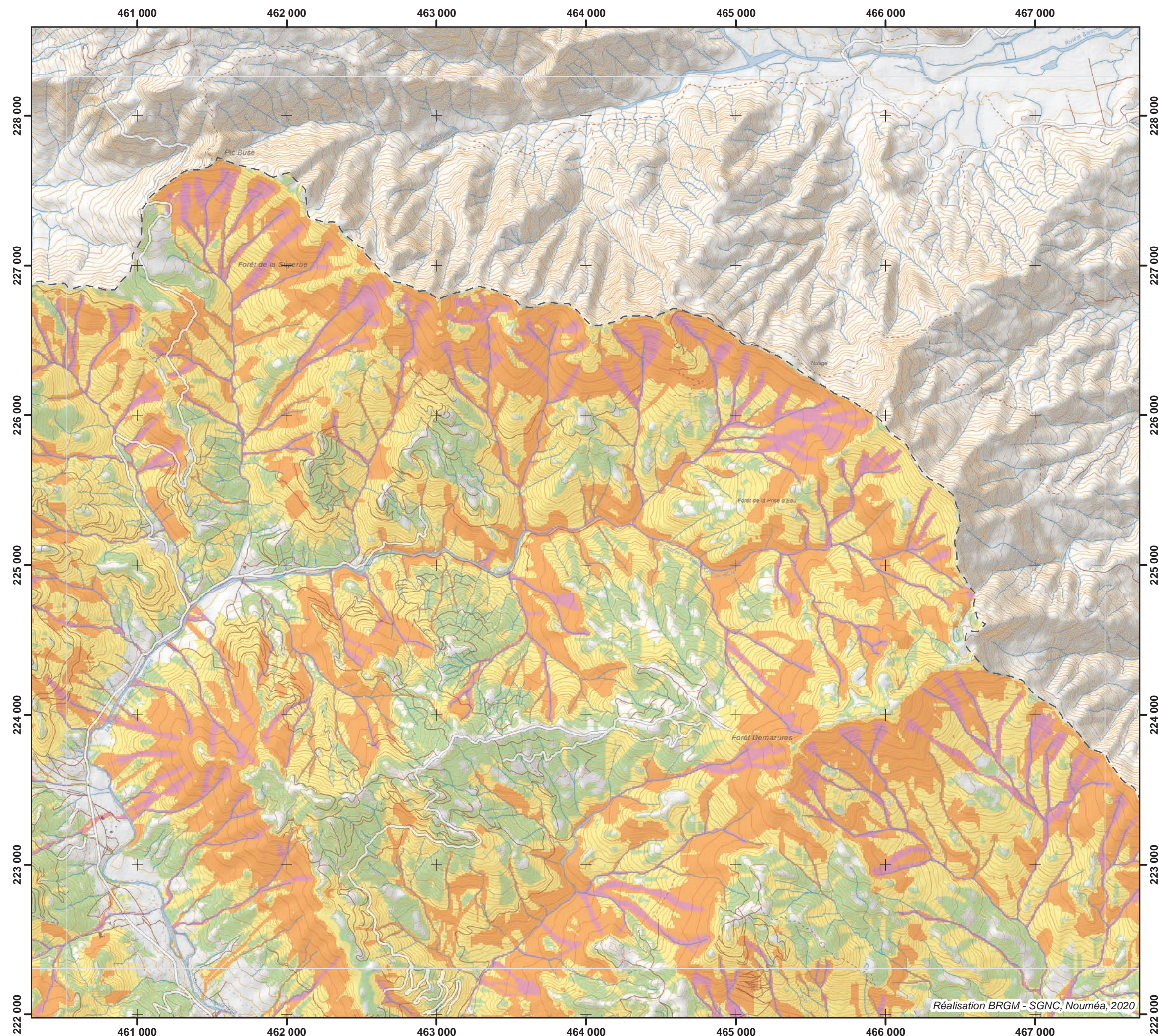


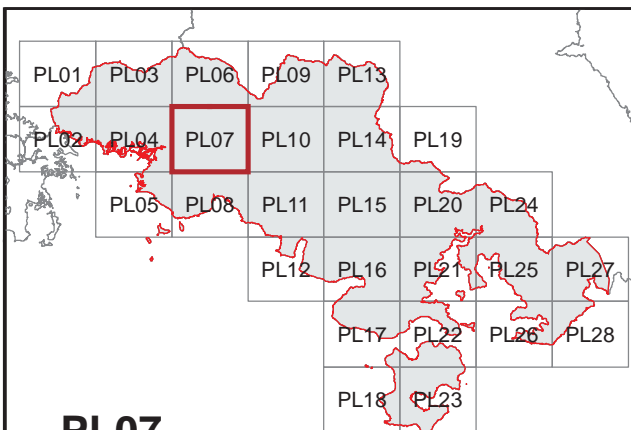
Cartographie de l'aléa mouvement de terrain *Commune du Mont Dore*

Aléa mouvement de terrain



Sources :
 BD topo 10000 (DITTT)
 Ombrage MNT 10 m (DTSI)
 RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia



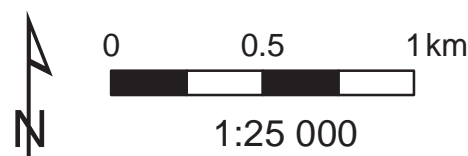


Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

Commune du Mont Dore

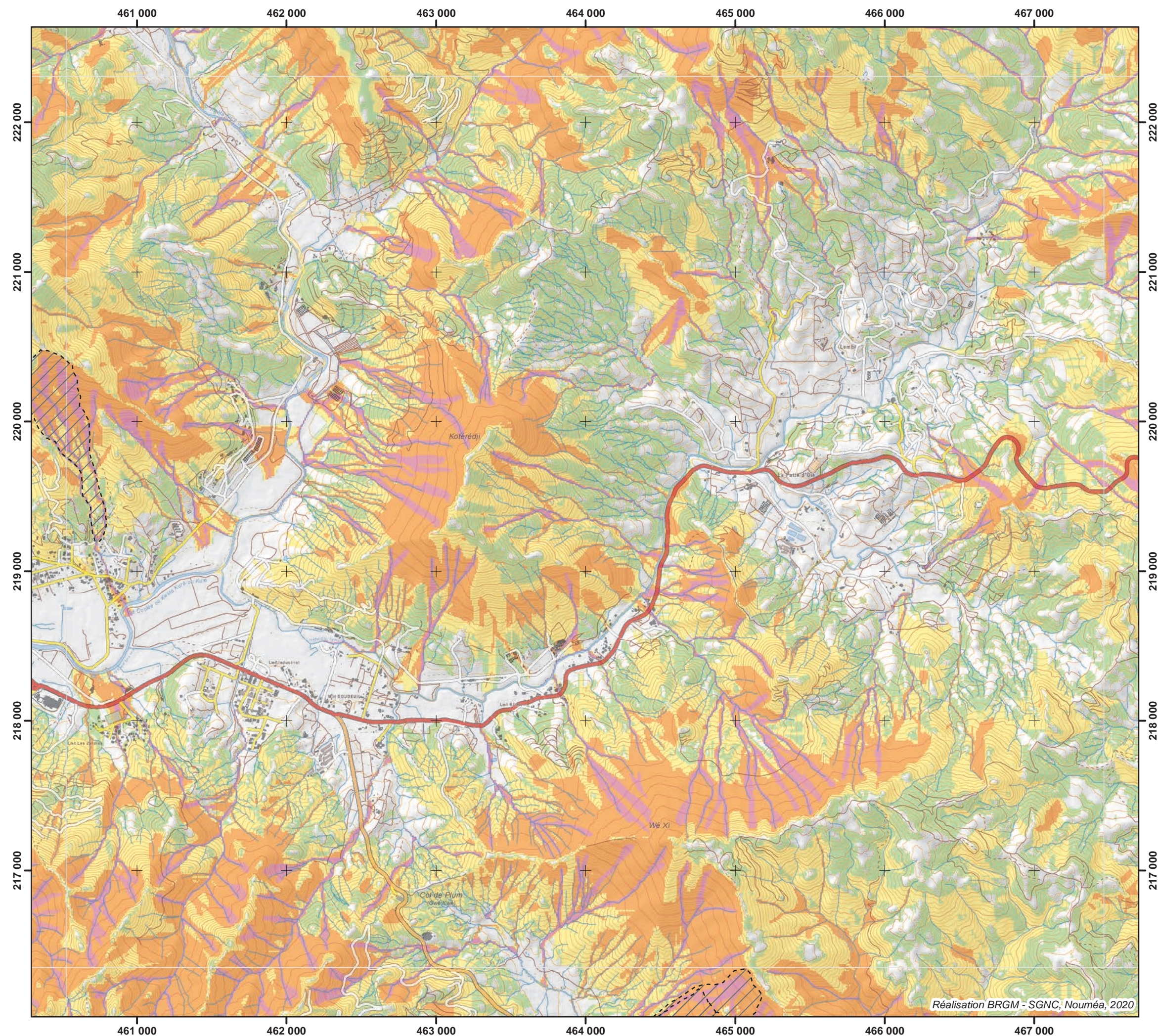
Aléa mouvement de terrain

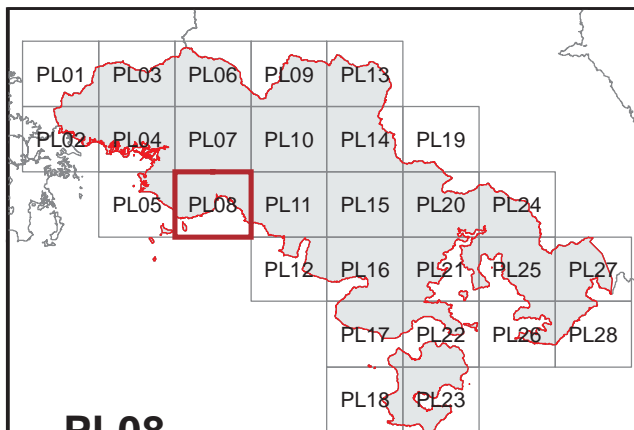
- Elevé
- Modéré
- Faible
- Très faible
- Nul à négligeable
- Grand glissement de versant
- Limite communale



Sources :
 BD topo 10000 (DITTT)
 Ombrage MNT 10 m (DTSI)

RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia

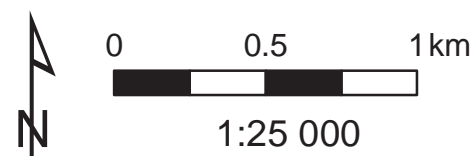
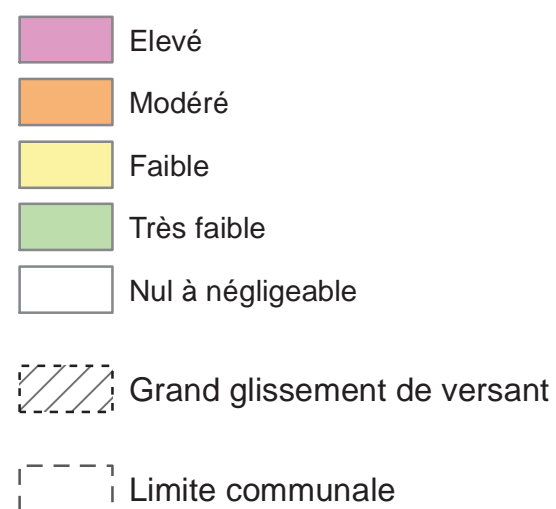




Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

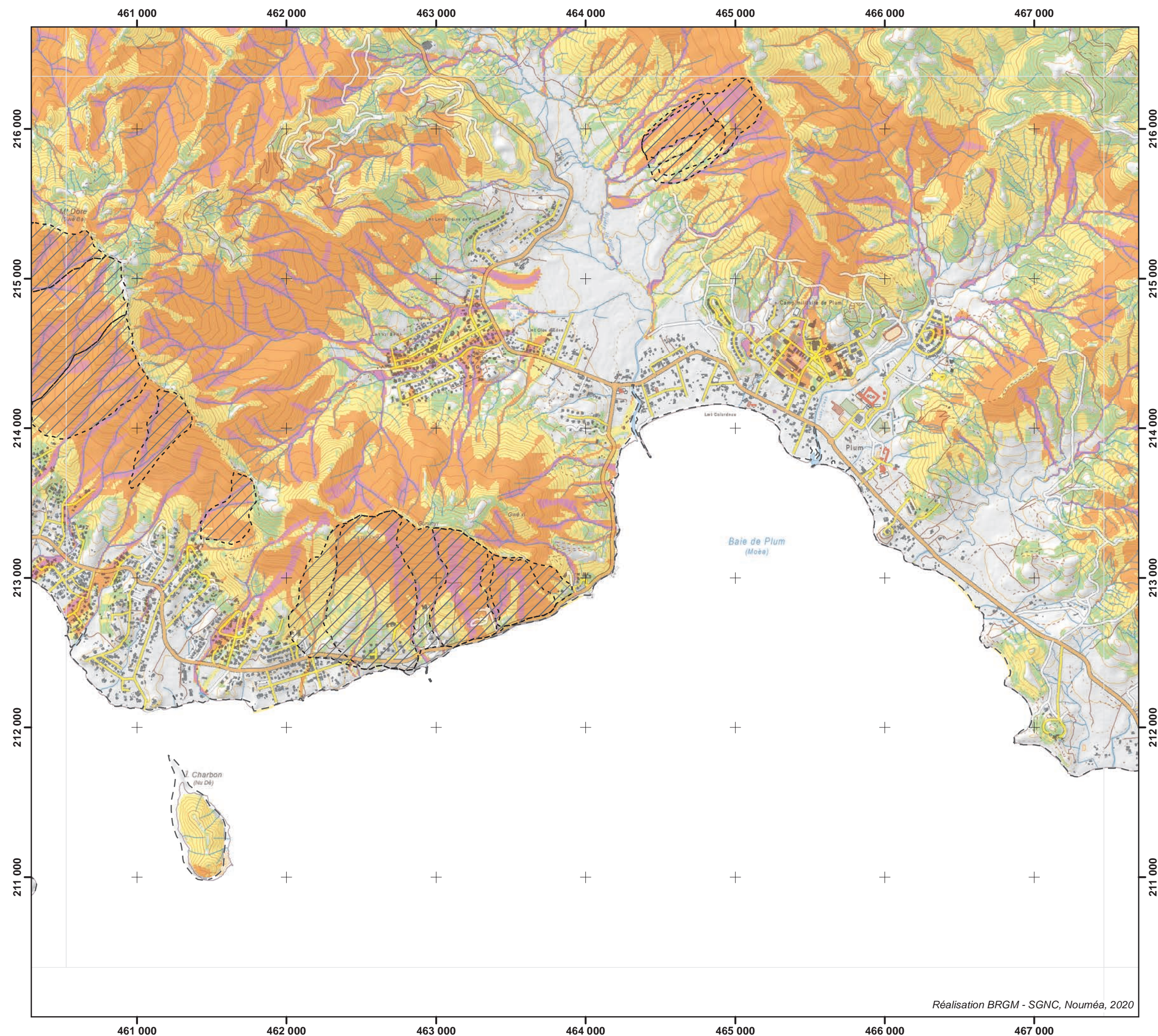
Commune du Mont Dore

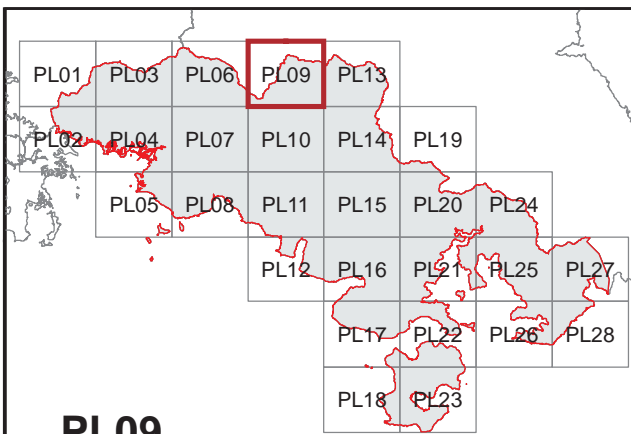
Aléa mouvement de terrain



Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)

RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia





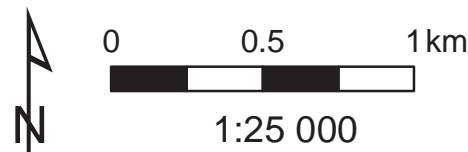
PL09



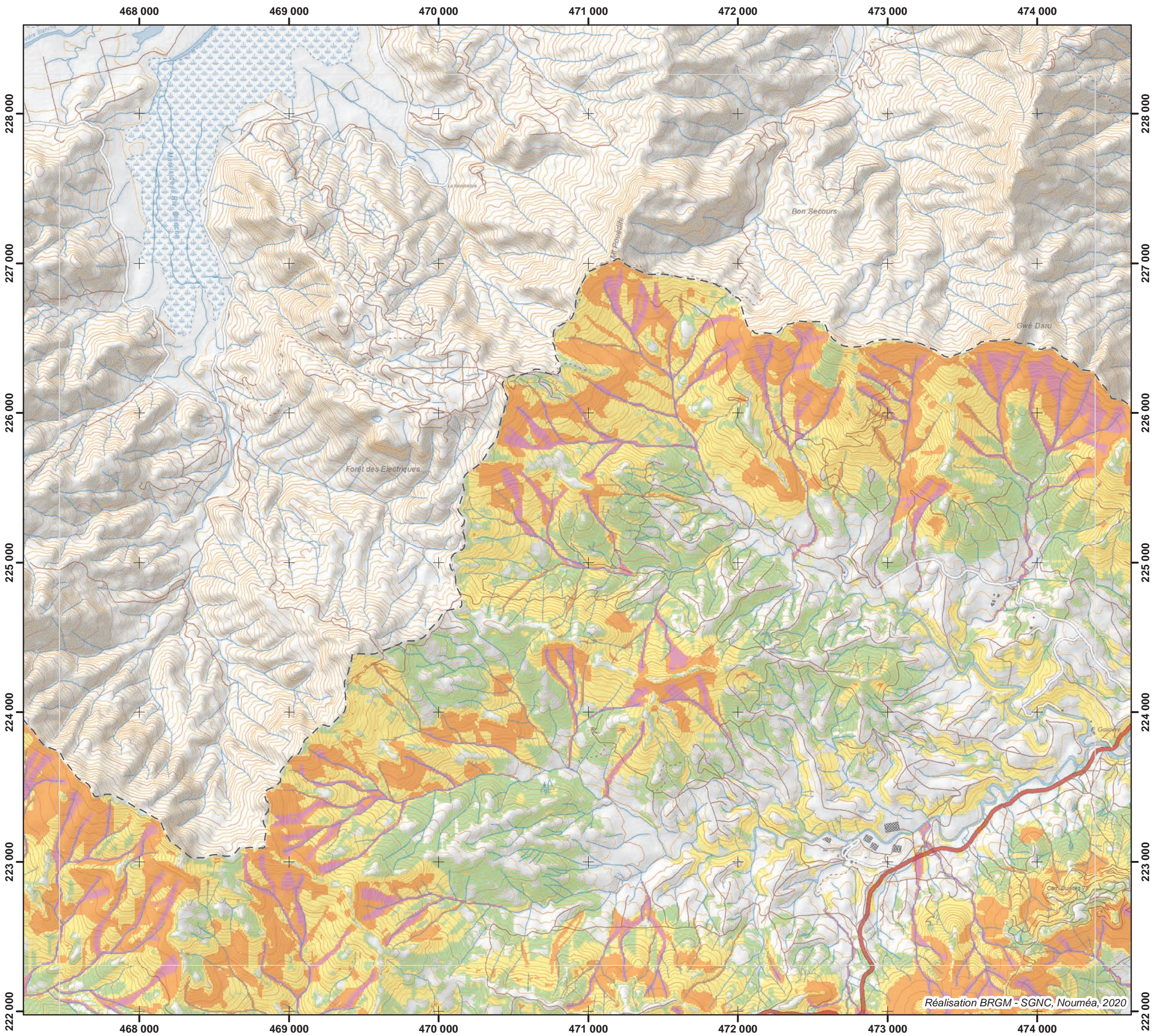
Cartographie de l'aléa
mouvement de terrain
Commune du Mont Dore

Aléa mouvement de terrain

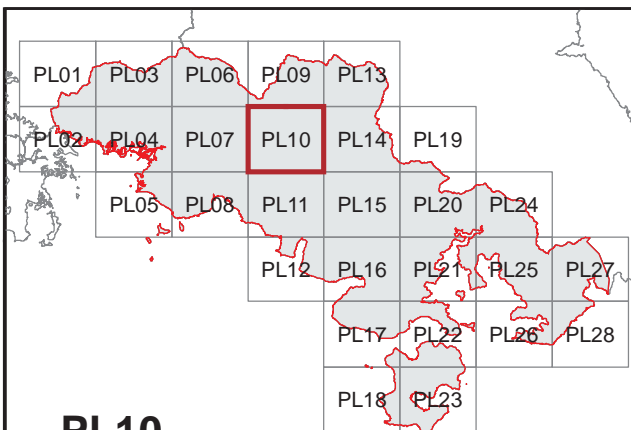
- Elevé
- Modéré
- Faible
- Très faible
- Nul à négligeable
- Grand glissement de versant
- Limite communale



Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)
RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia



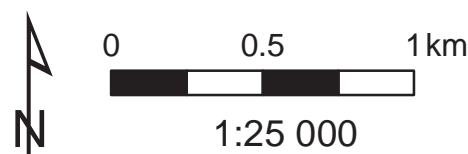
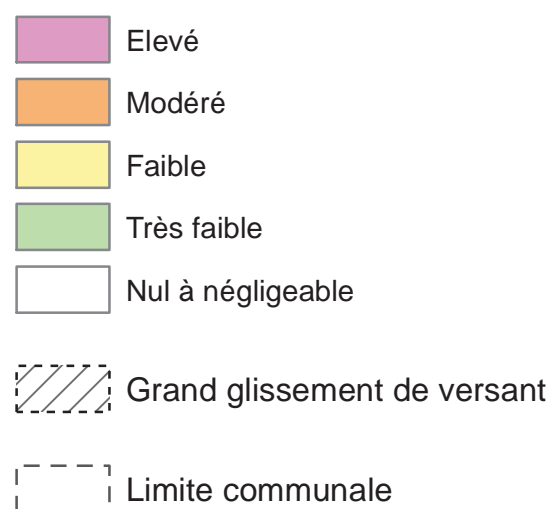
Réalisation BRGM - SGNC, Nouméa, 2020



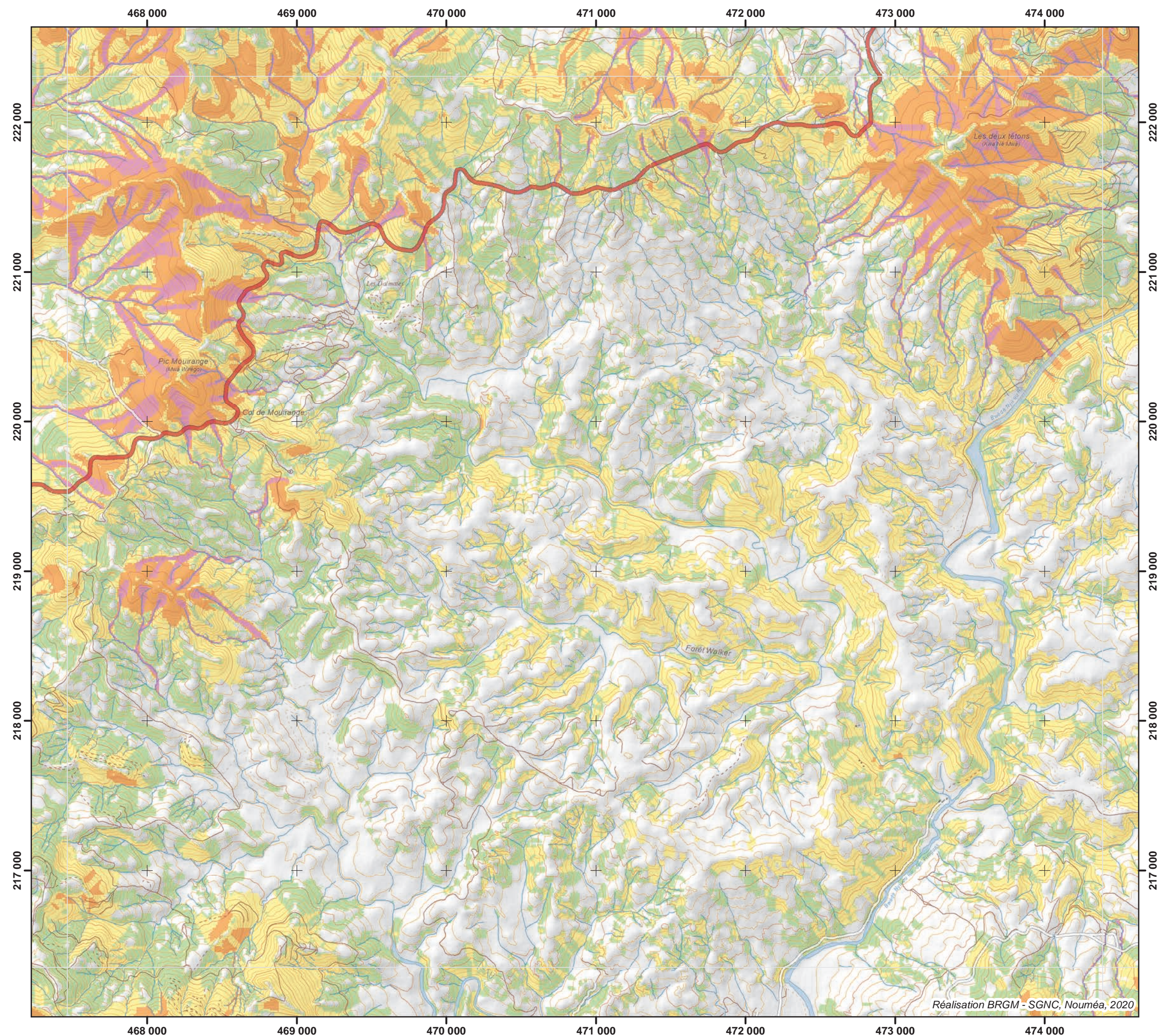
Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

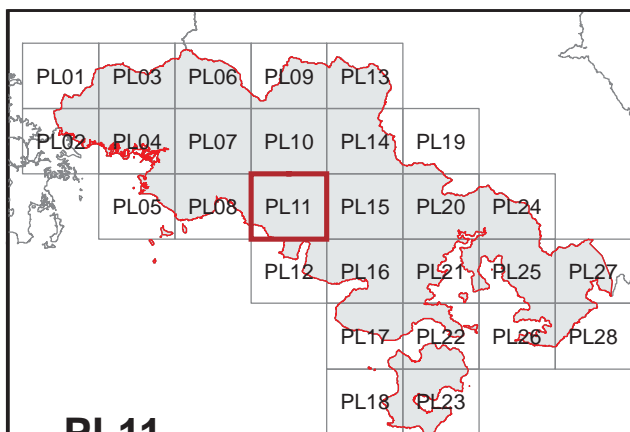
Commune du Mont Dore

Aléa mouvement de terrain



Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)
RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia

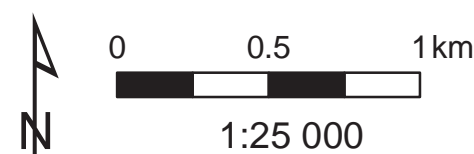
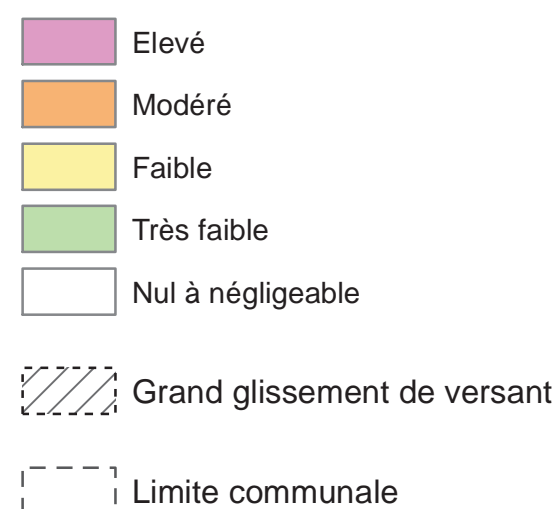




Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

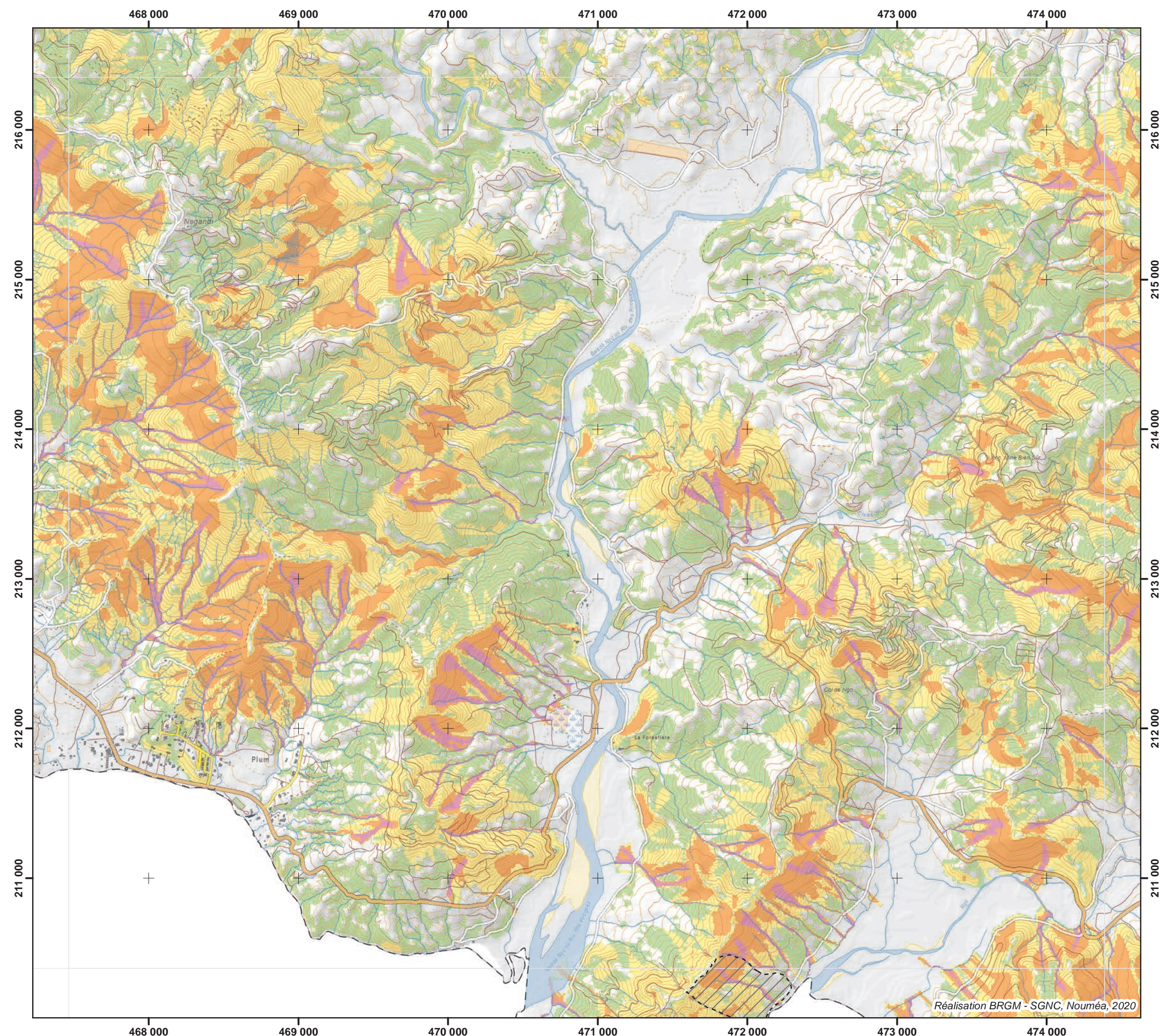
Commune du Mont Dore

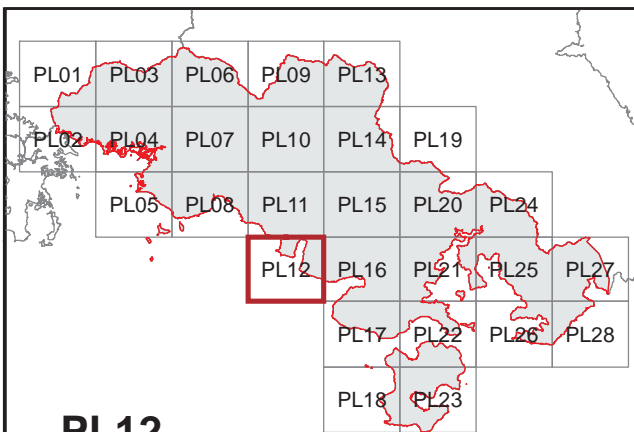
Aléa mouvement de terrain



Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)

RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia

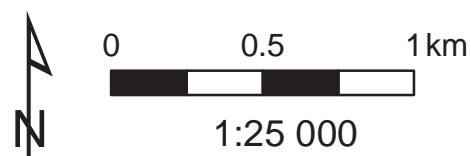
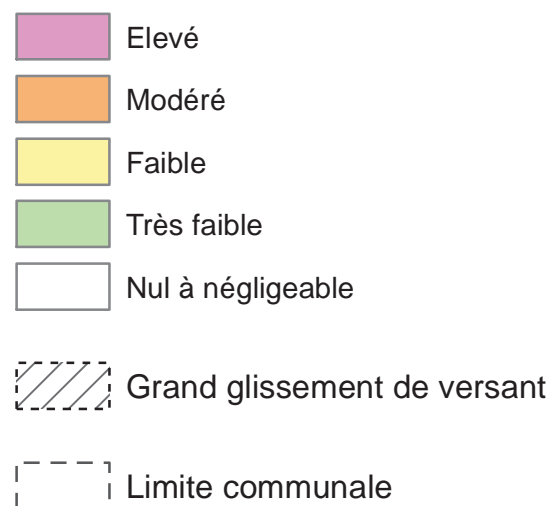




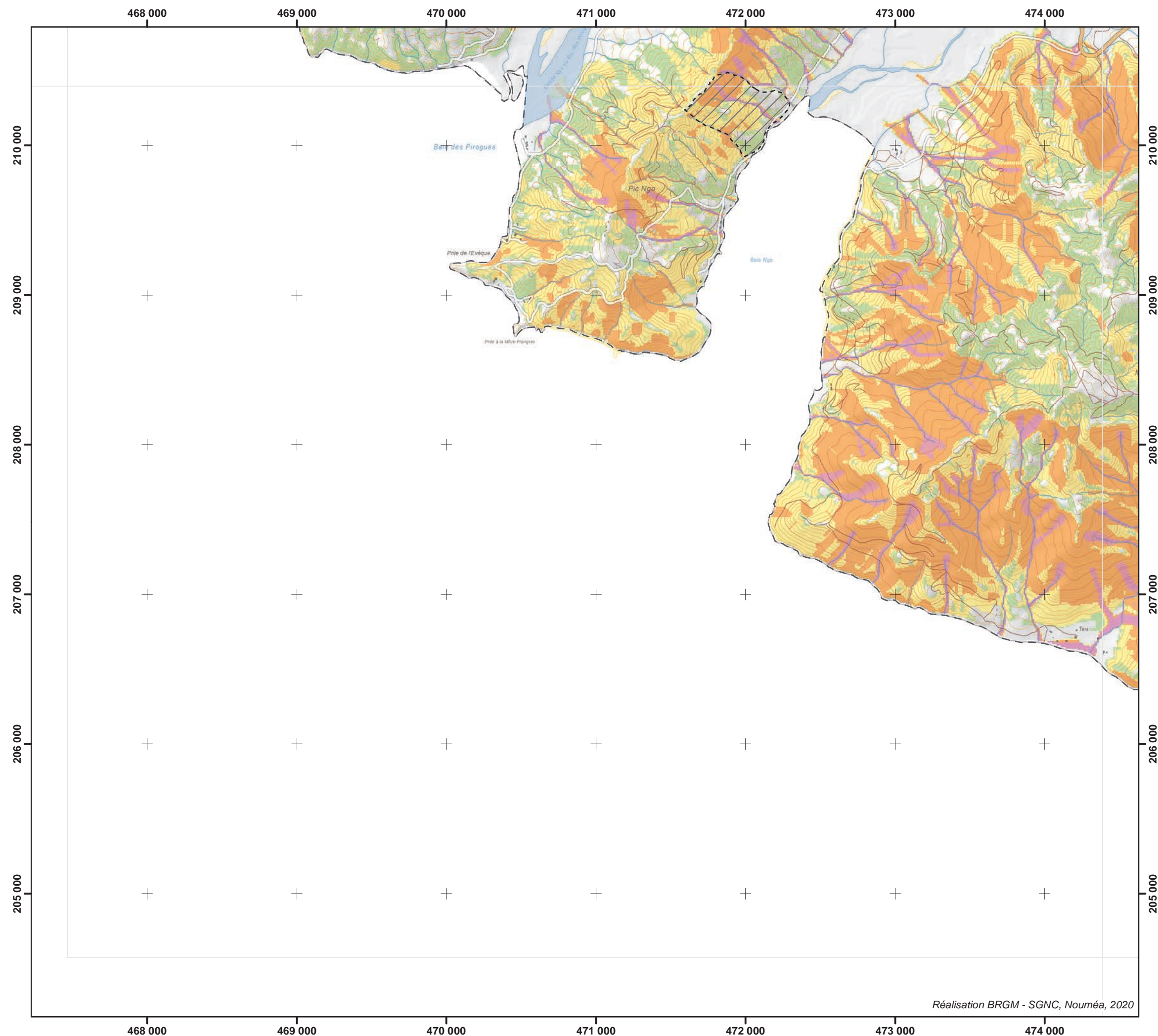
Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

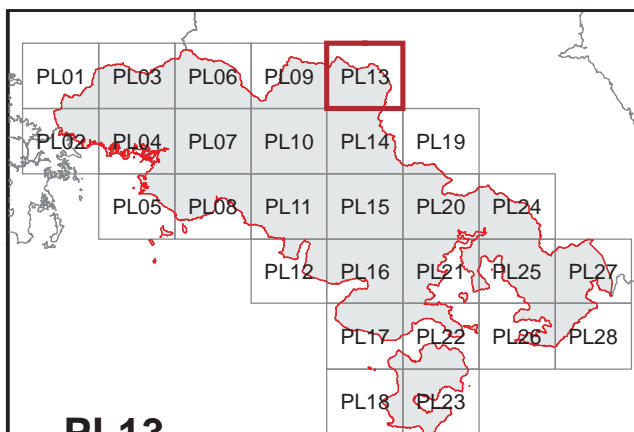
Commune du Mont Dore

Aléa mouvement de terrain



Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)
RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia





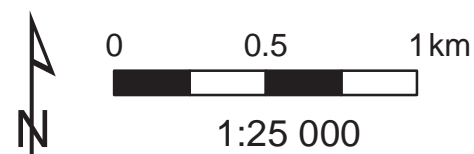
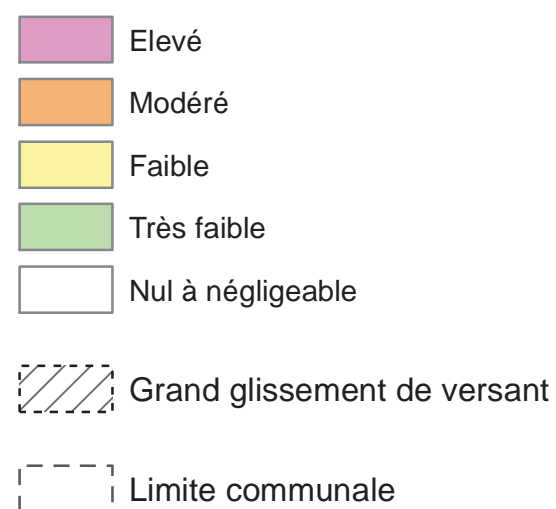
PL13



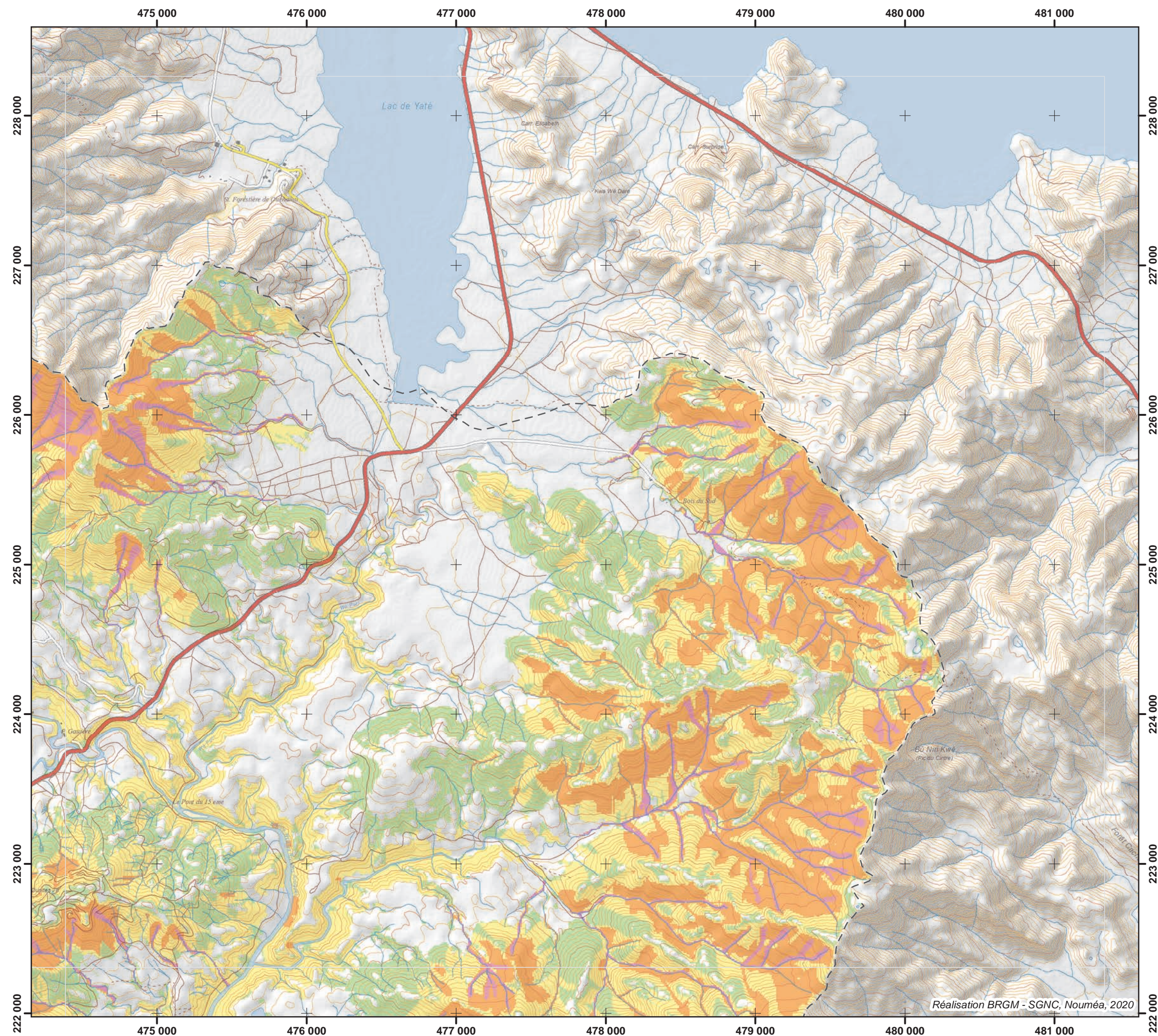
Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

Commune du Mont Dore

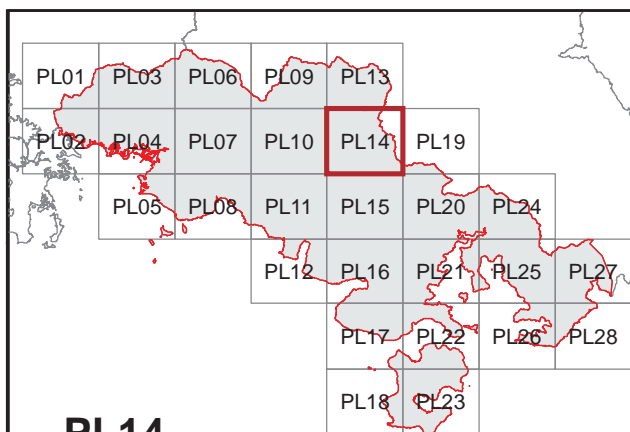
Aléa mouvement de terrain



Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)
RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia



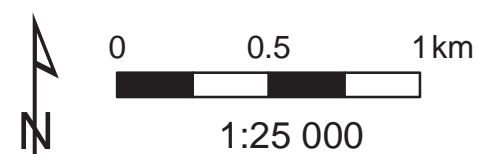
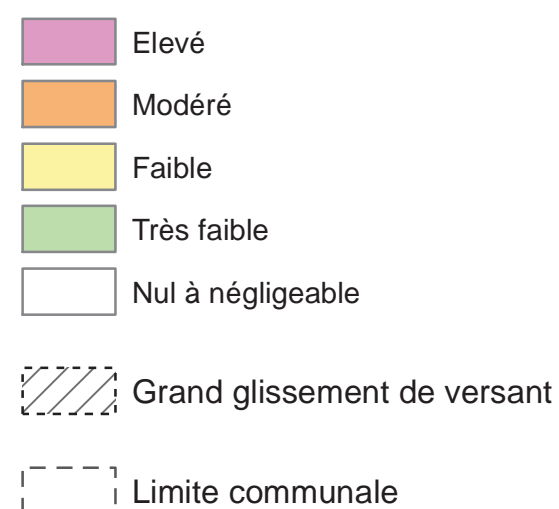
Réalisation BRGM - SGNC, Nouméa, 2020



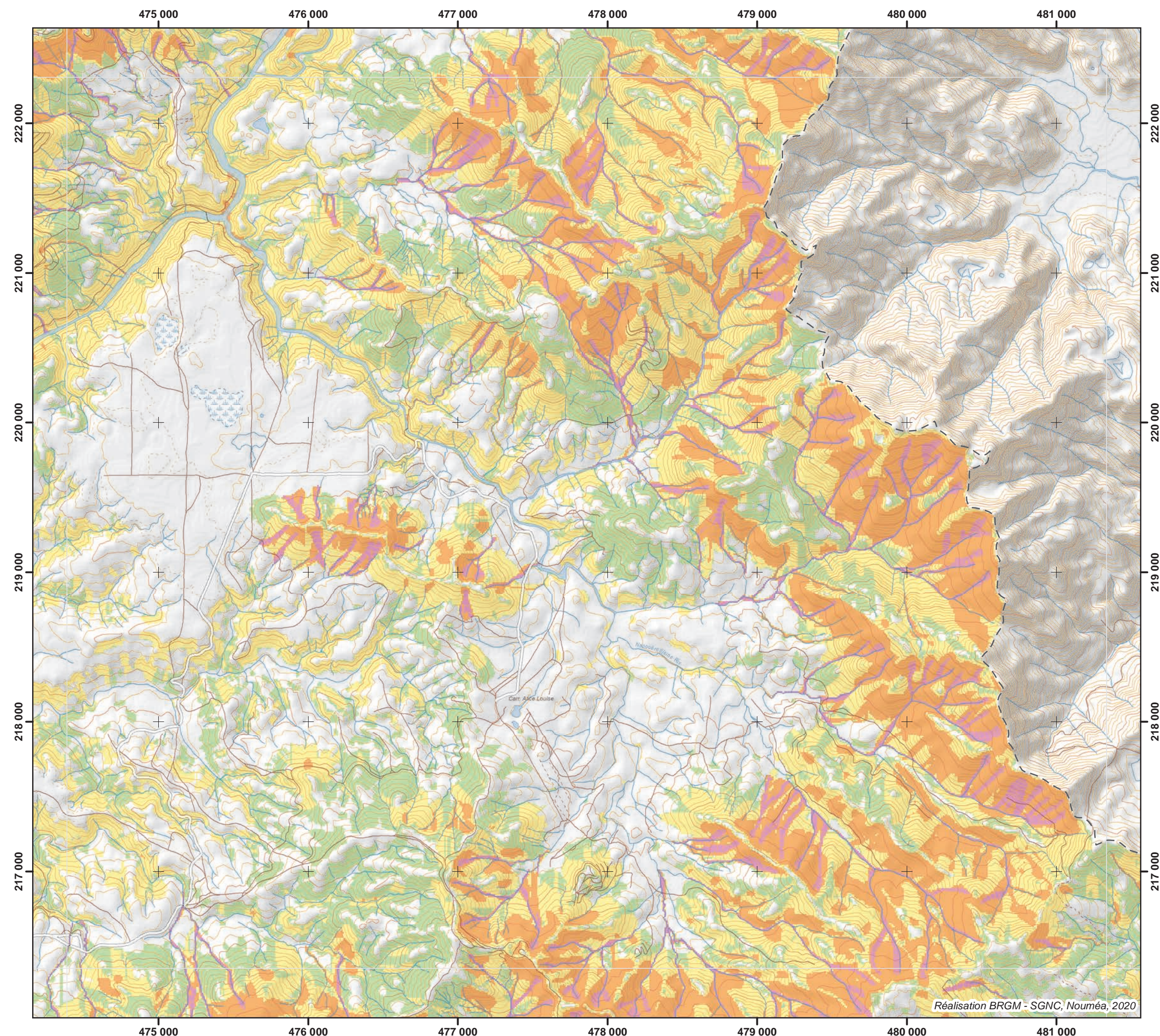
Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

Commune du Mont Dore

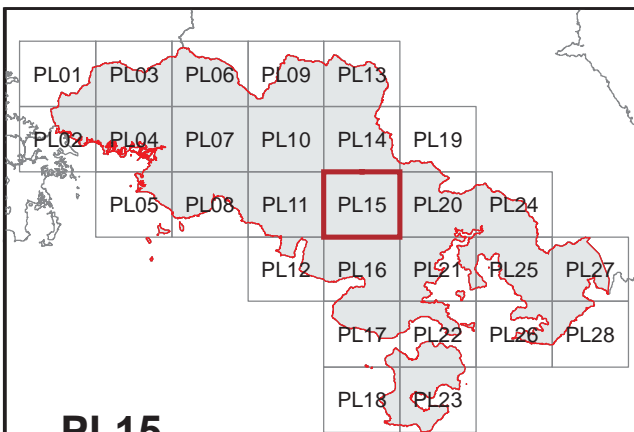
Aléa mouvement de terrain



Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)
RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia



Réalisation BRGM - SGNC, Nouméa, 2020



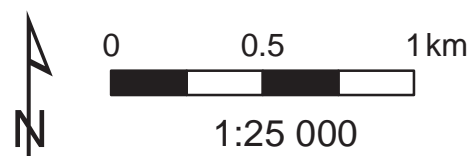
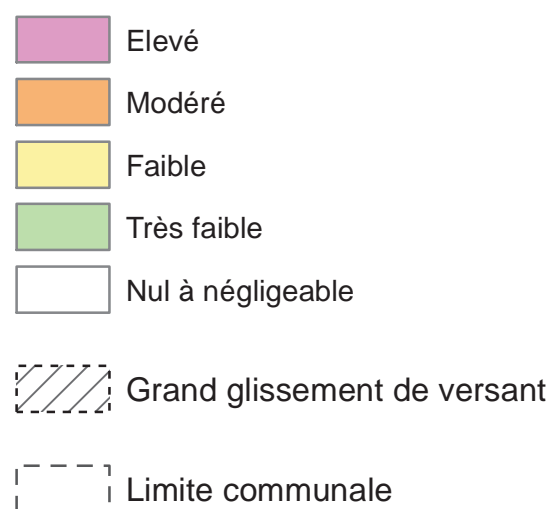
PL15



Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

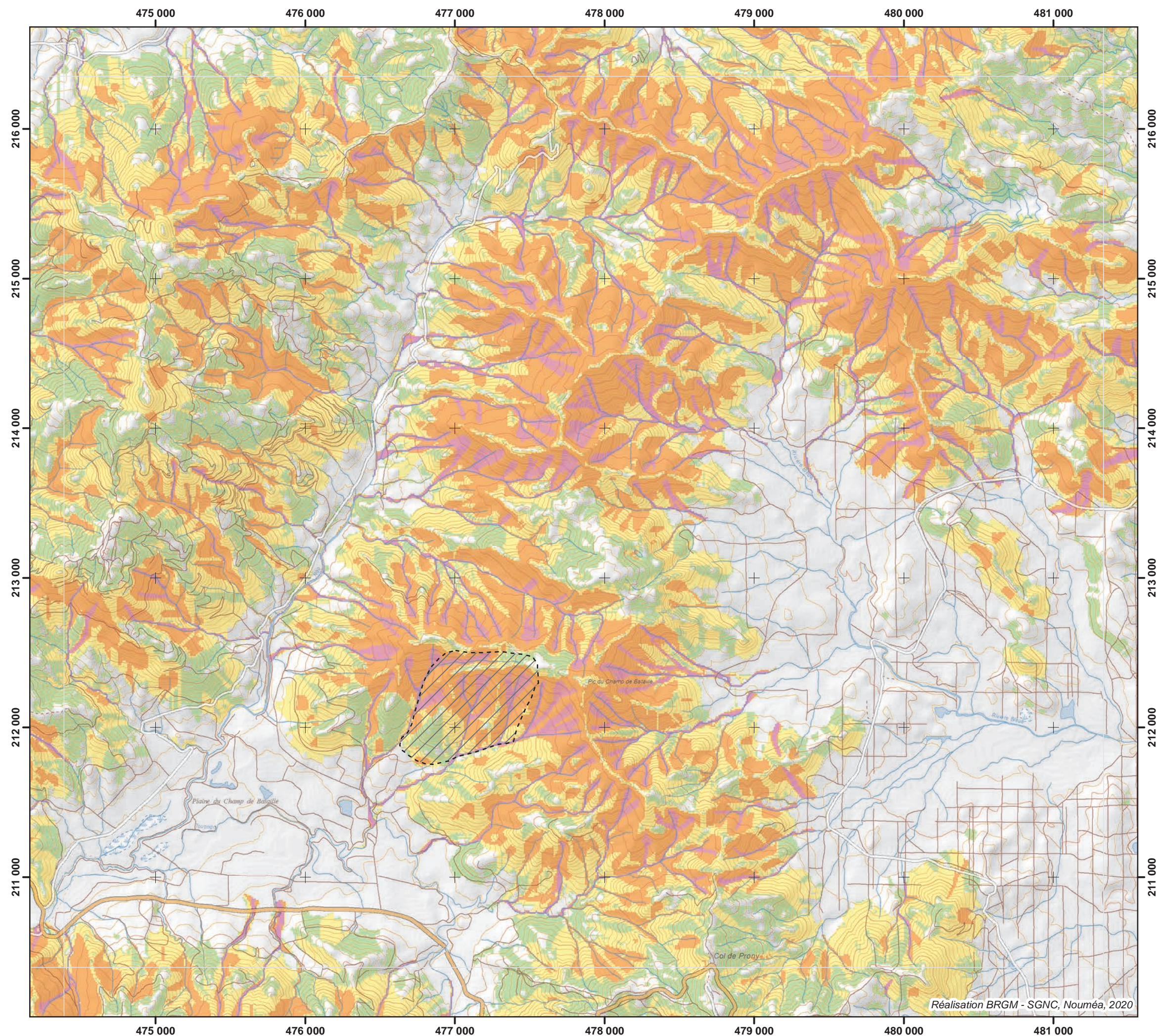
Commune du Mont Dore

Aléa mouvement de terrain

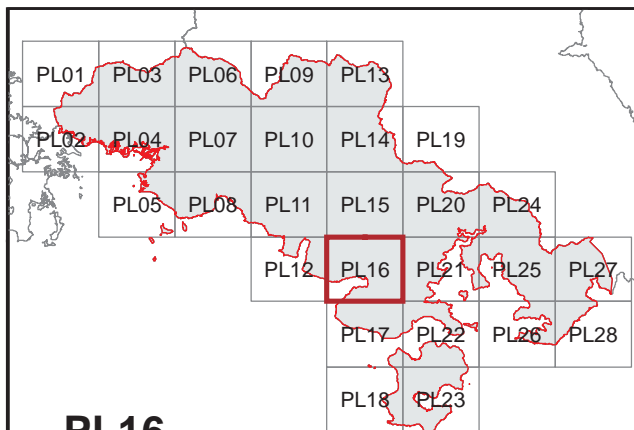


Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)

RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia



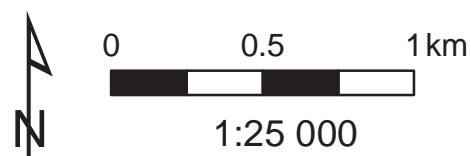
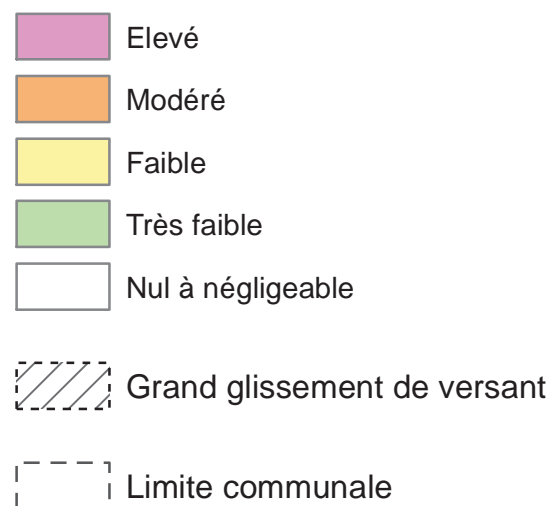
Réalisation BRGM - SGNC, Nouméa, 2020



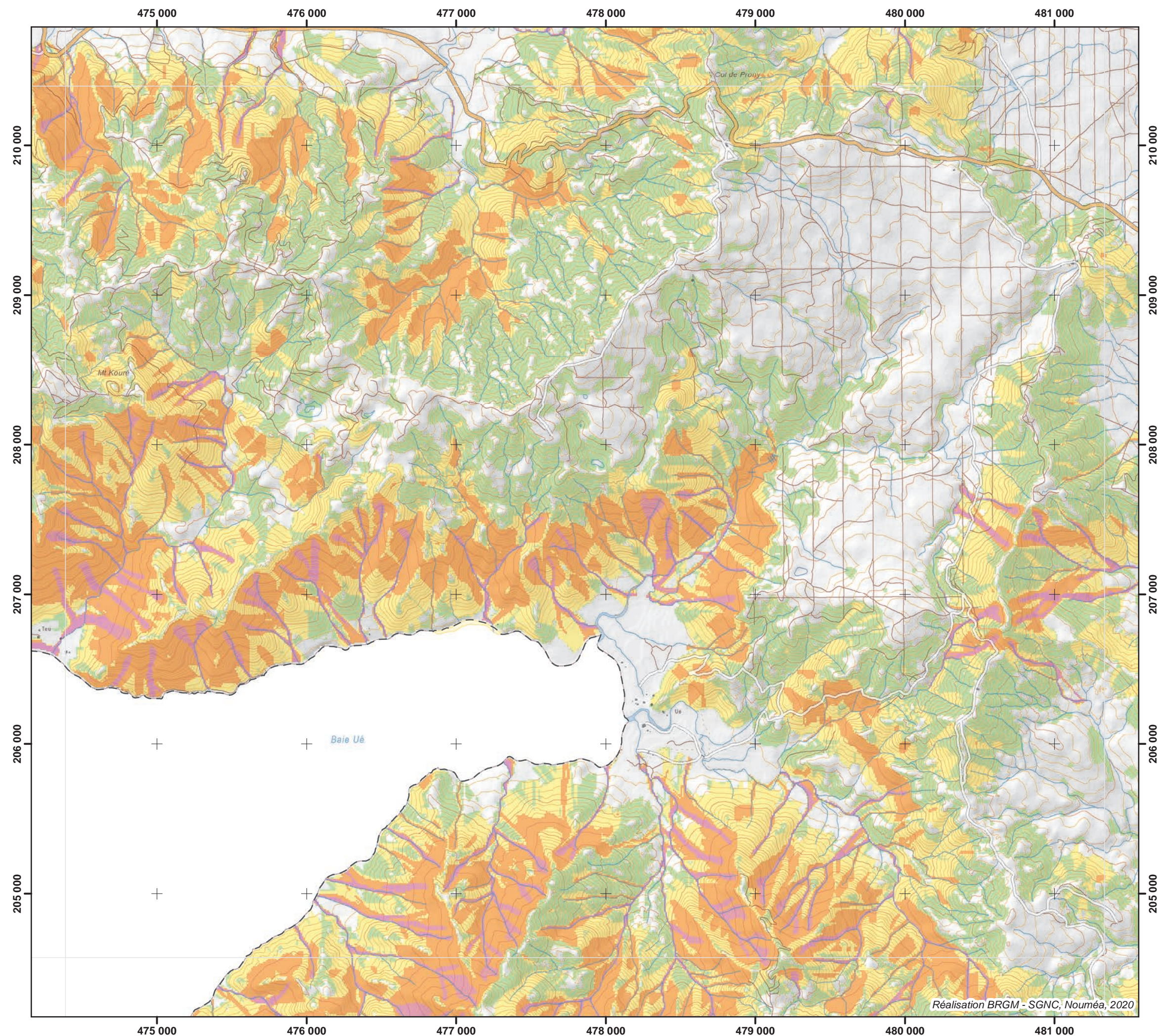
Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

Commune du Mont Dore

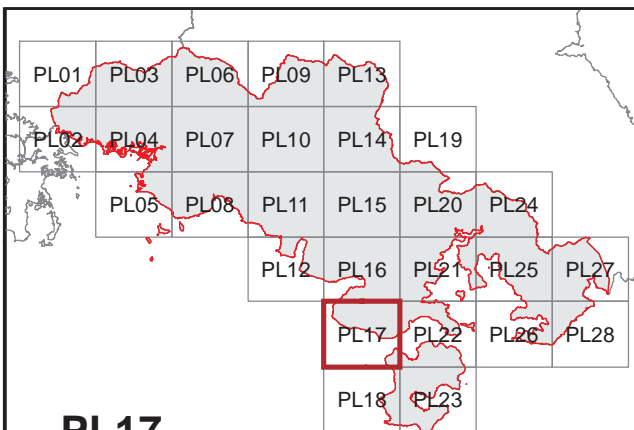
Aléa mouvement de terrain



Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)
RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia



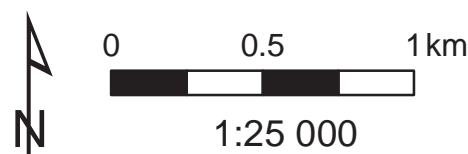
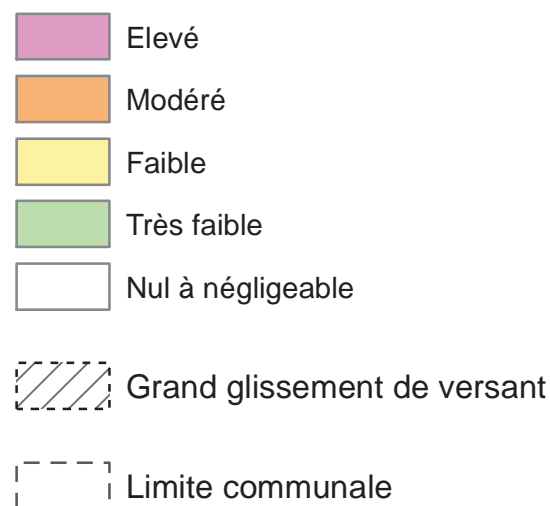
Réalisation BRGM - SGNC, Nouméa, 2020



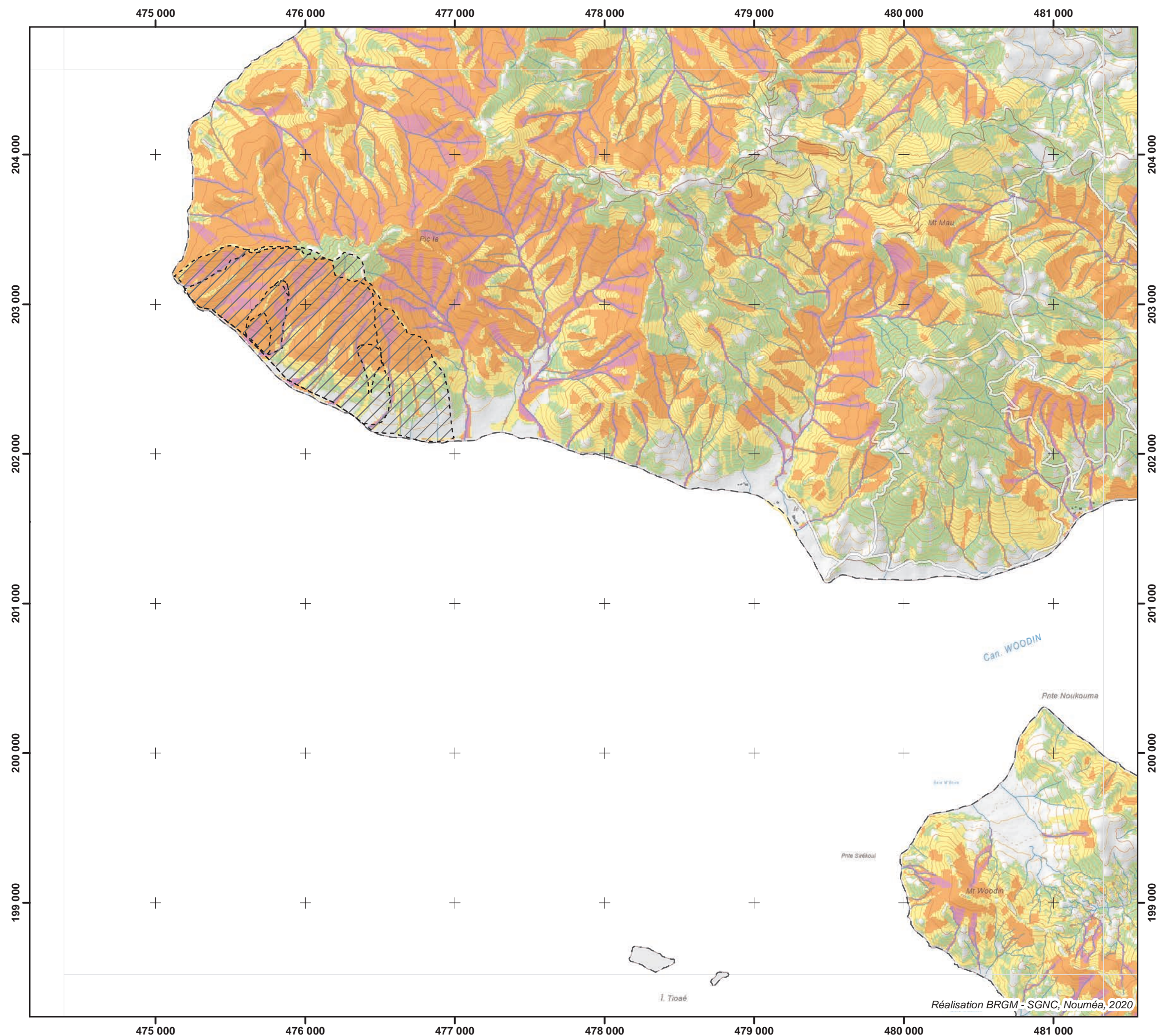
Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

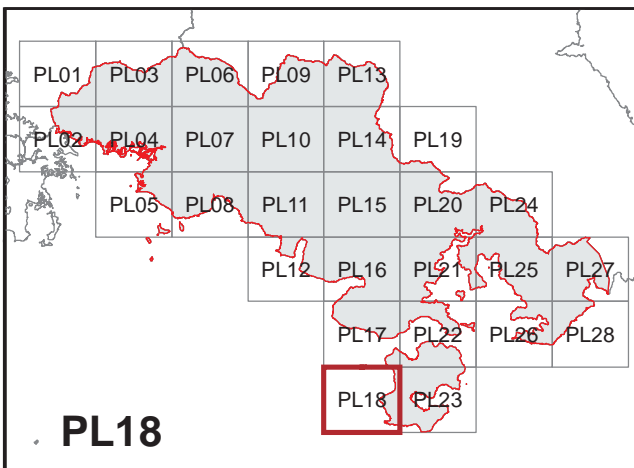
Commune du Mont Dore

Aléa mouvement de terrain



Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)
RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia





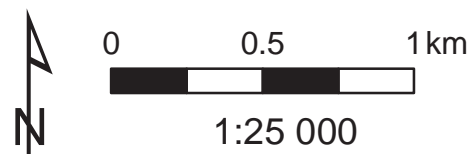
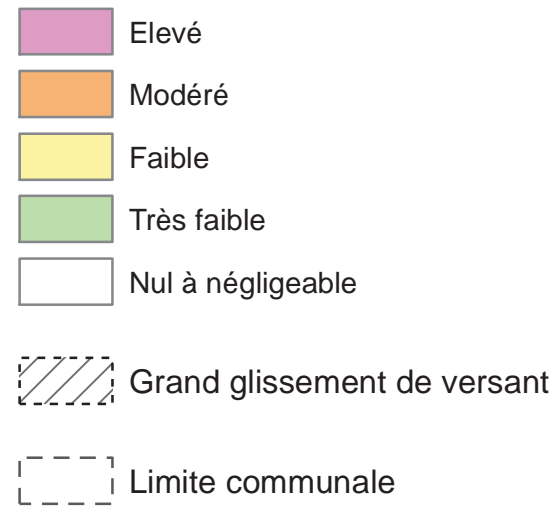
PL18



Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

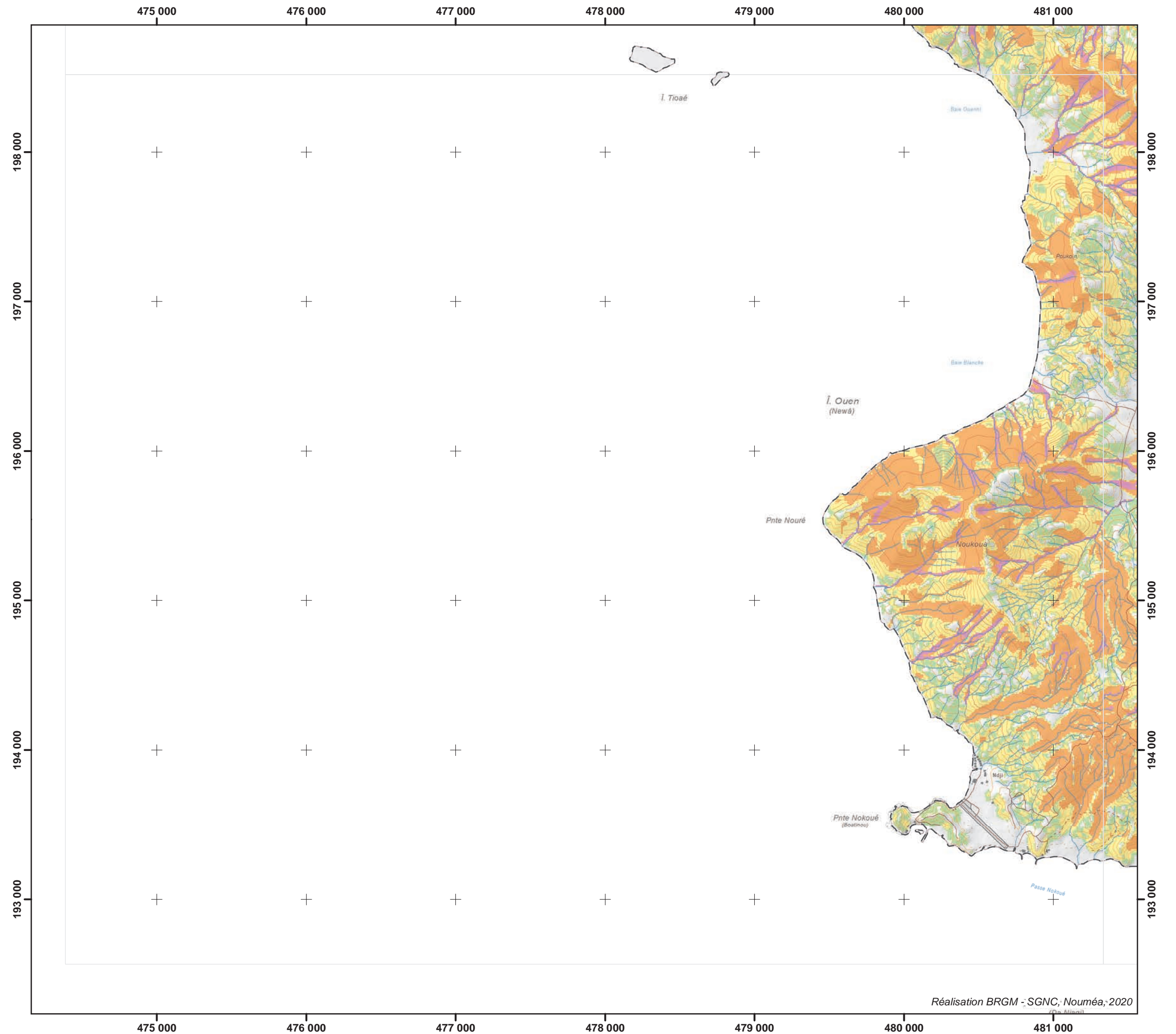
Commune du Mont Dore

Aléa mouvement de terrain

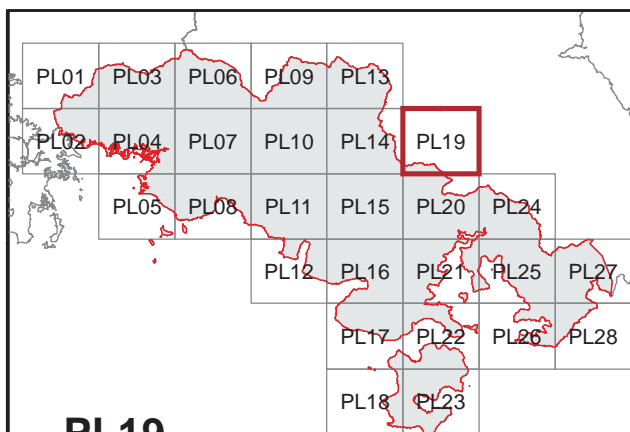


Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)

RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia



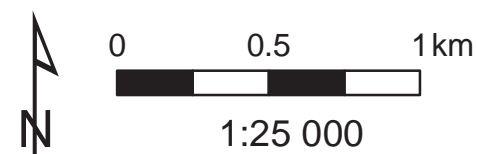
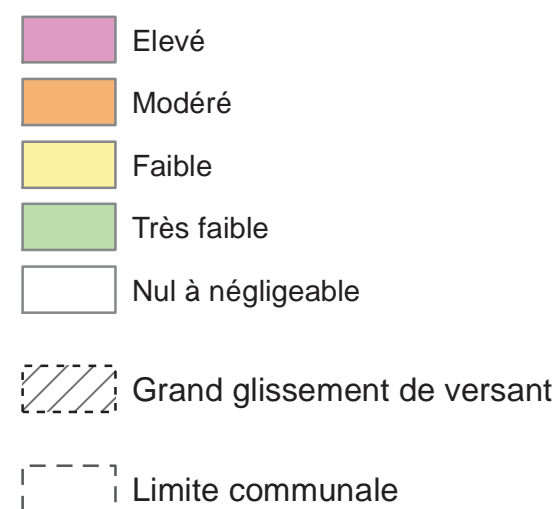
Réalisation BRGM - SGNC, Nouméa, 2020



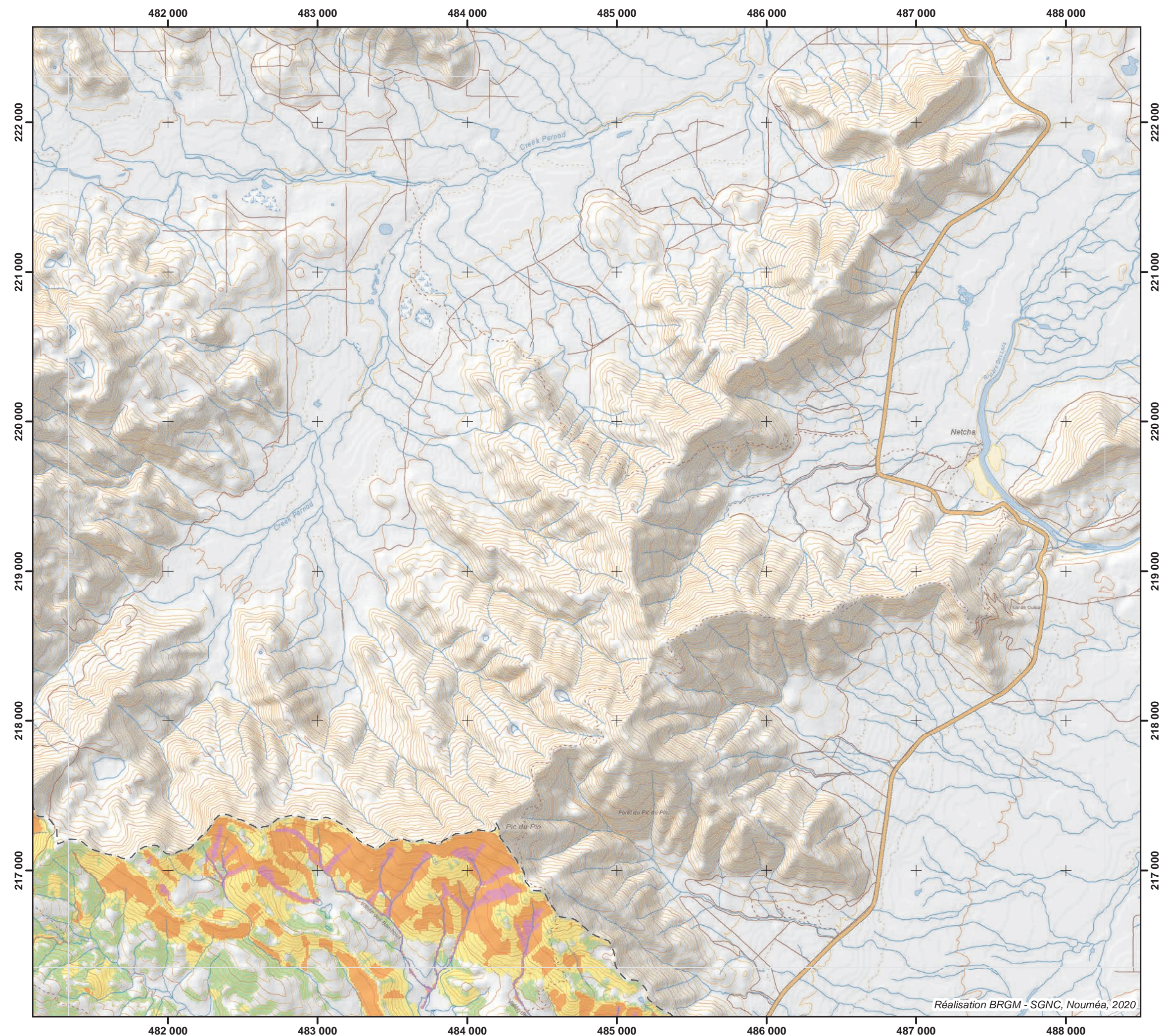
Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

Commune du Mont Dore

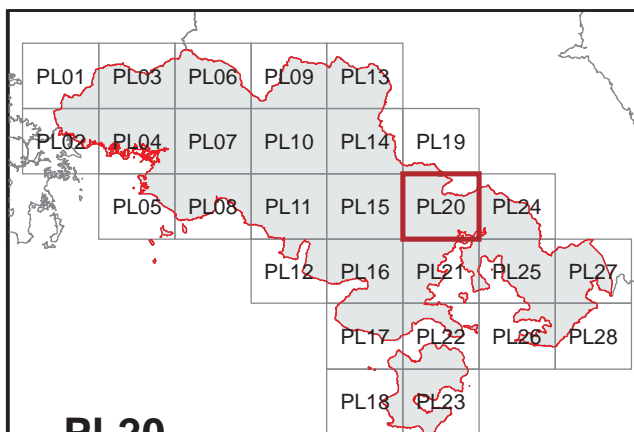
Aléa mouvement de terrain



Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)
RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia



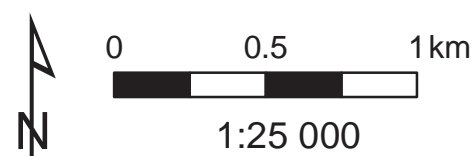
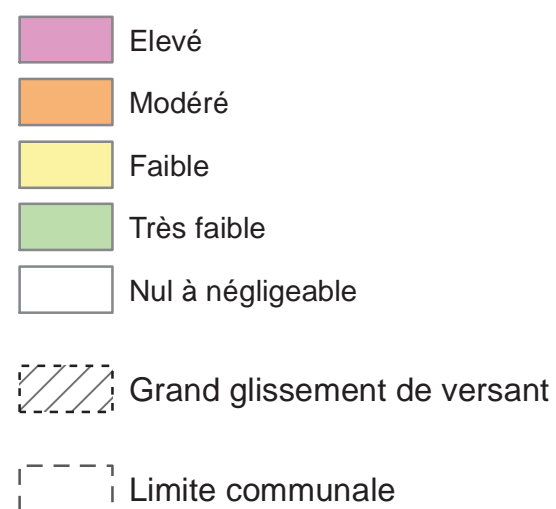
Réalisation BRGM - SGNC, Nouméa, 2020



Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

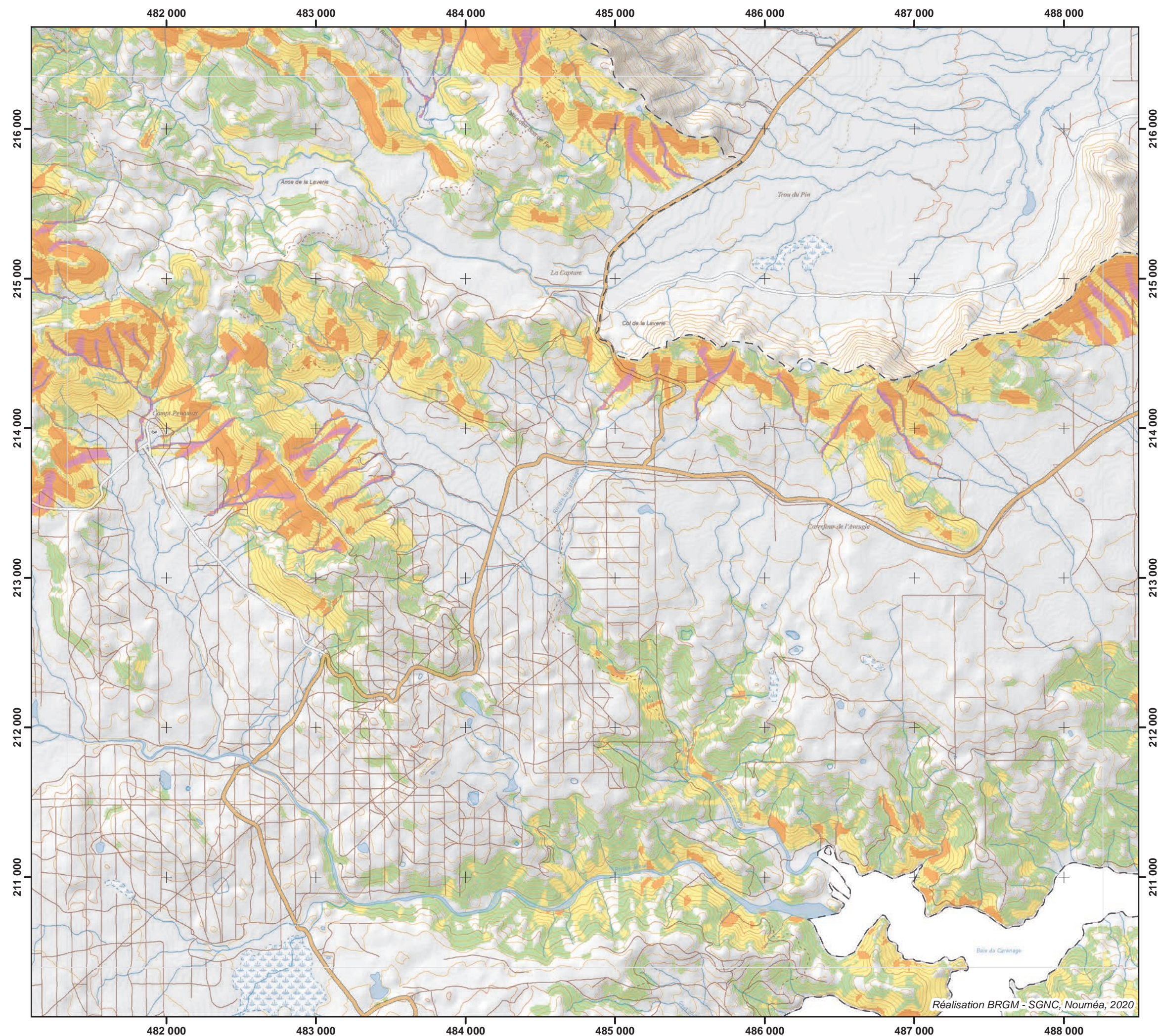
Commune du Mont Dore

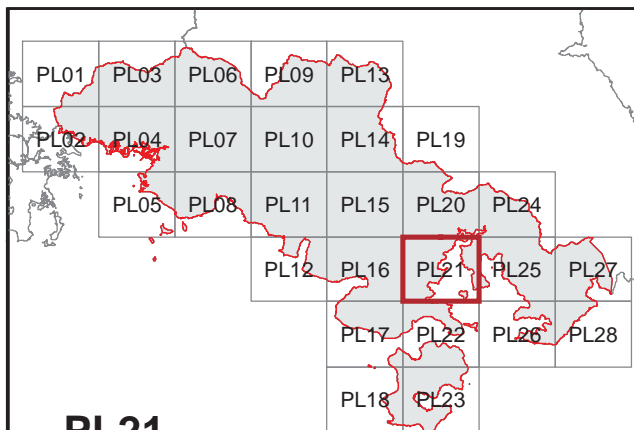
Aléa mouvement de terrain



Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)

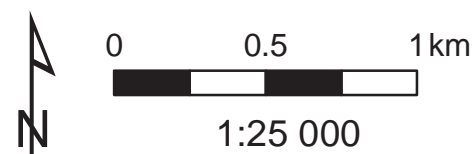
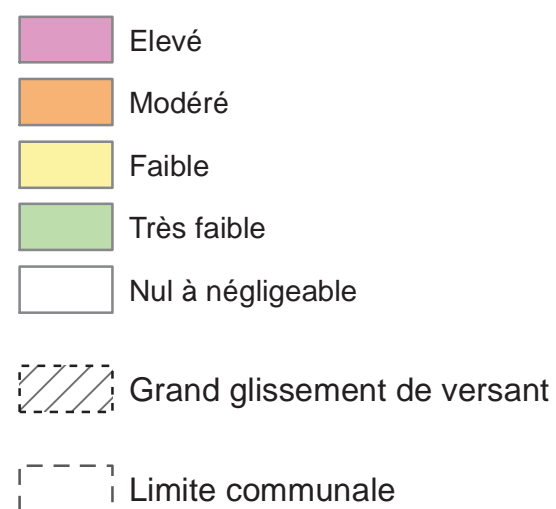
RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia



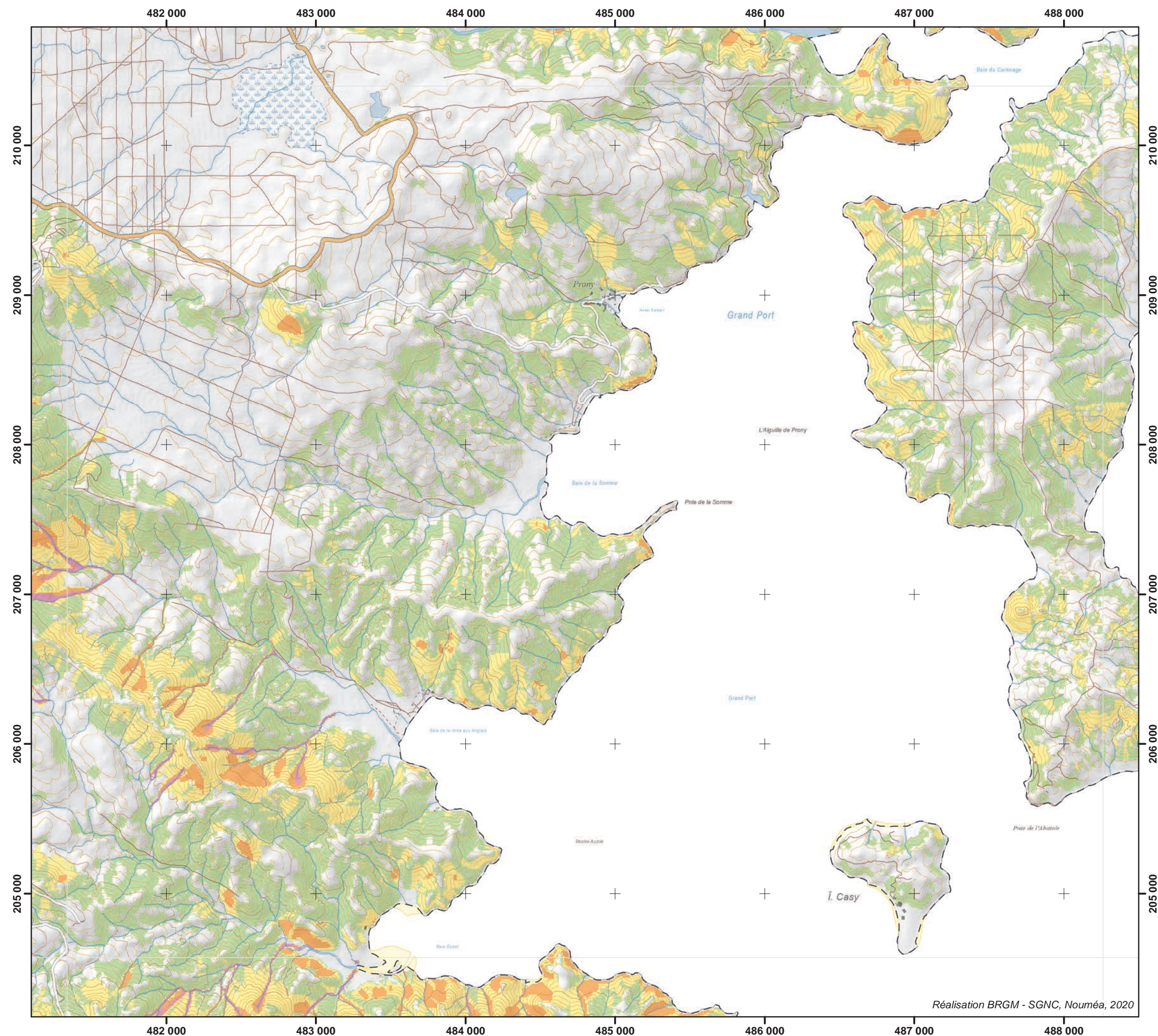


Cartographie de l'aléa mouvement de terrain *Commune du Mont Dore*

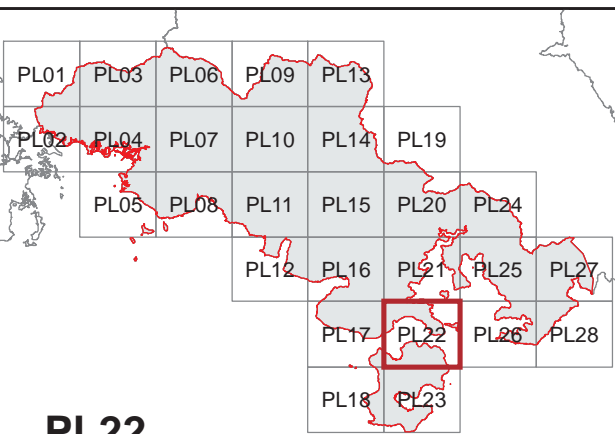
Aléa mouvement de terrain



Sources :
 BD topo 10000 (DITTT)
 Ombrage MNT 10 m (DTSI)
 RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia



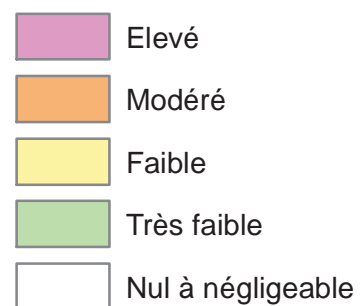
Réalisation BRGM - SGNC, Nouméa, 2020

**PL22**

Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

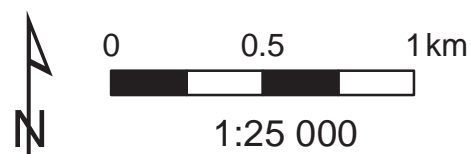
Commune du Mont Dore

Aléa mouvement de terrain



 Grand glissement de versant

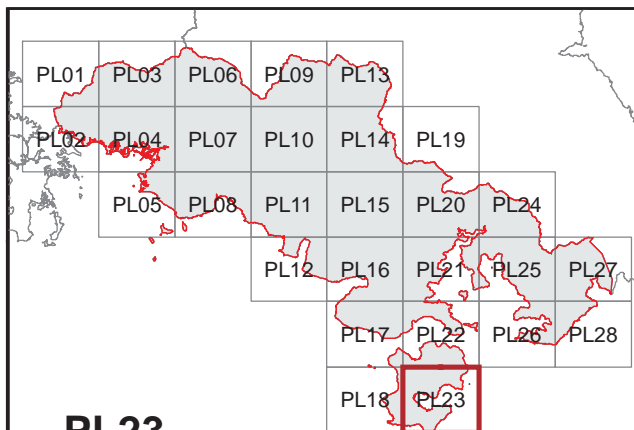
--- Limite communale



Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)

RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia

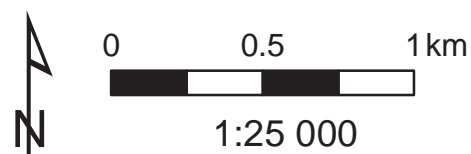
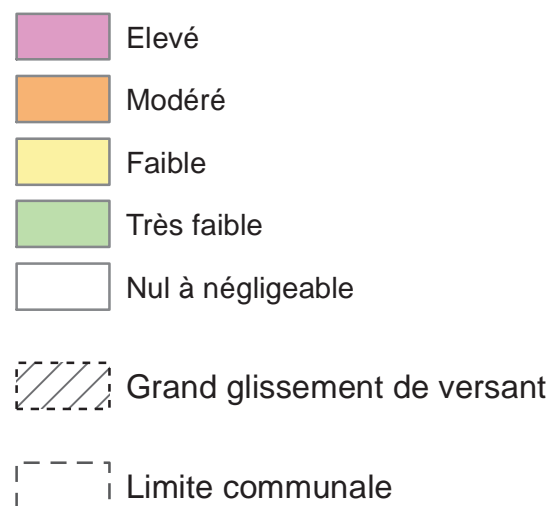




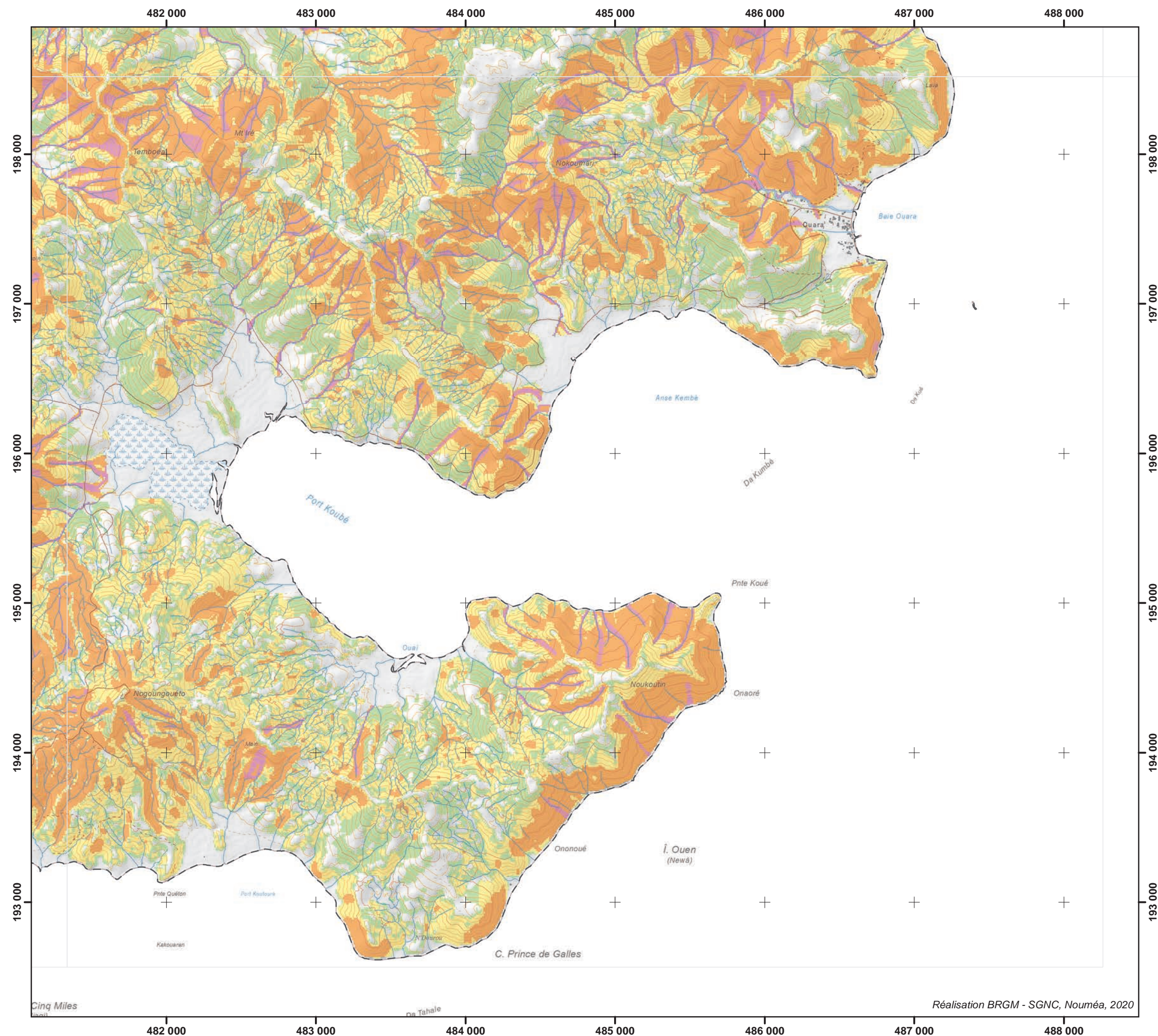
Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

Commune du Mont Dore

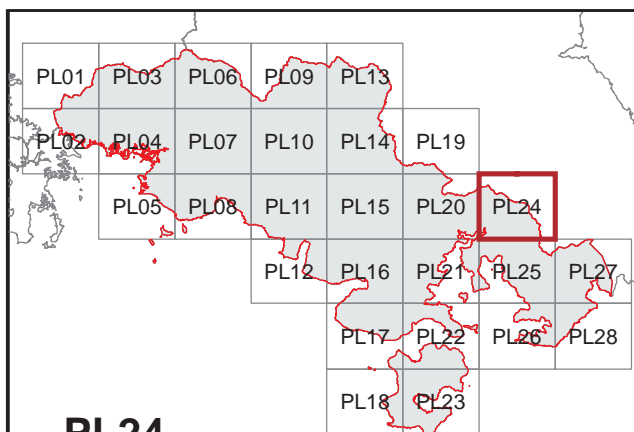
Aléa mouvement de terrain



Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)
RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia



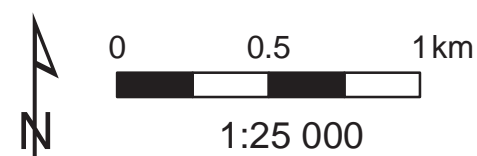
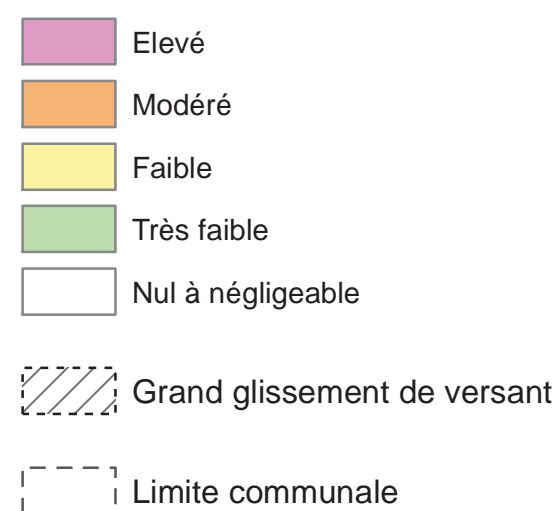
Réalisation BRGM - SGNC, Nouméa, 2020



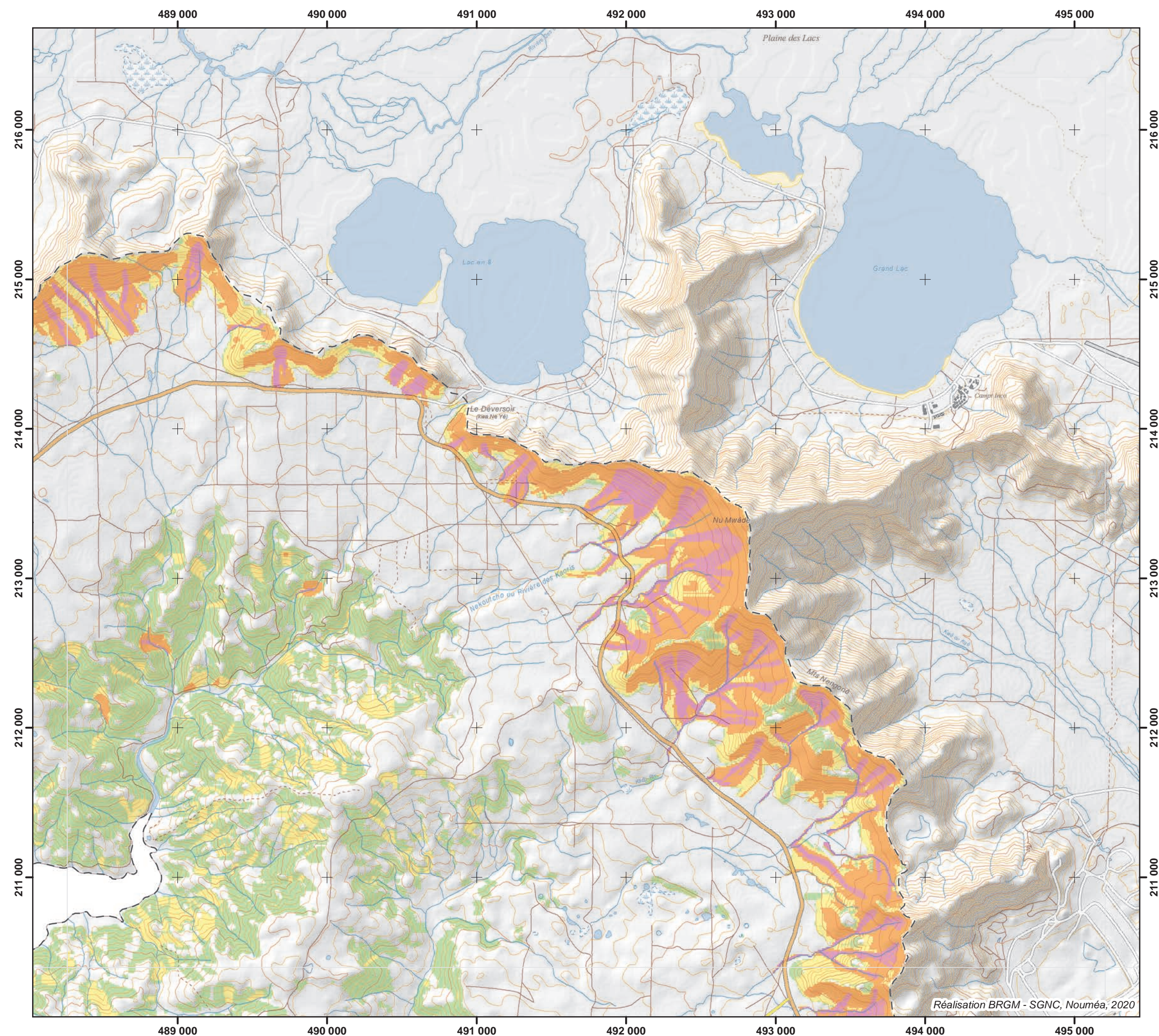
Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

Commune du Mont Dore

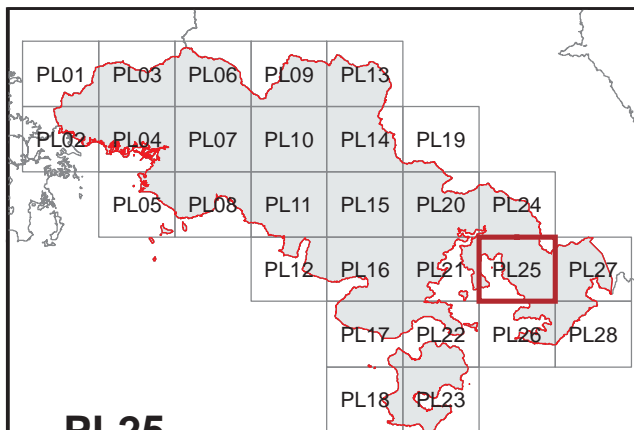
Aléa mouvement de terrain



Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)
RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia

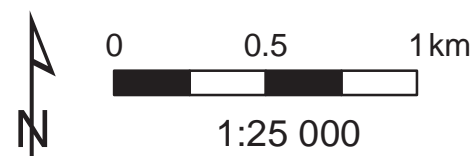
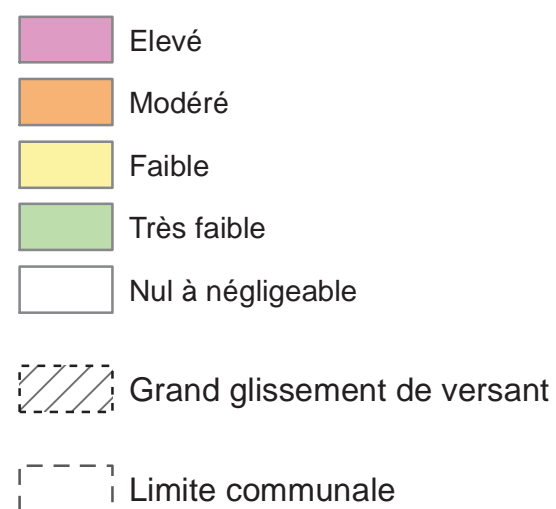


Réalisation BRGM - SGNC, Nouméa, 2020

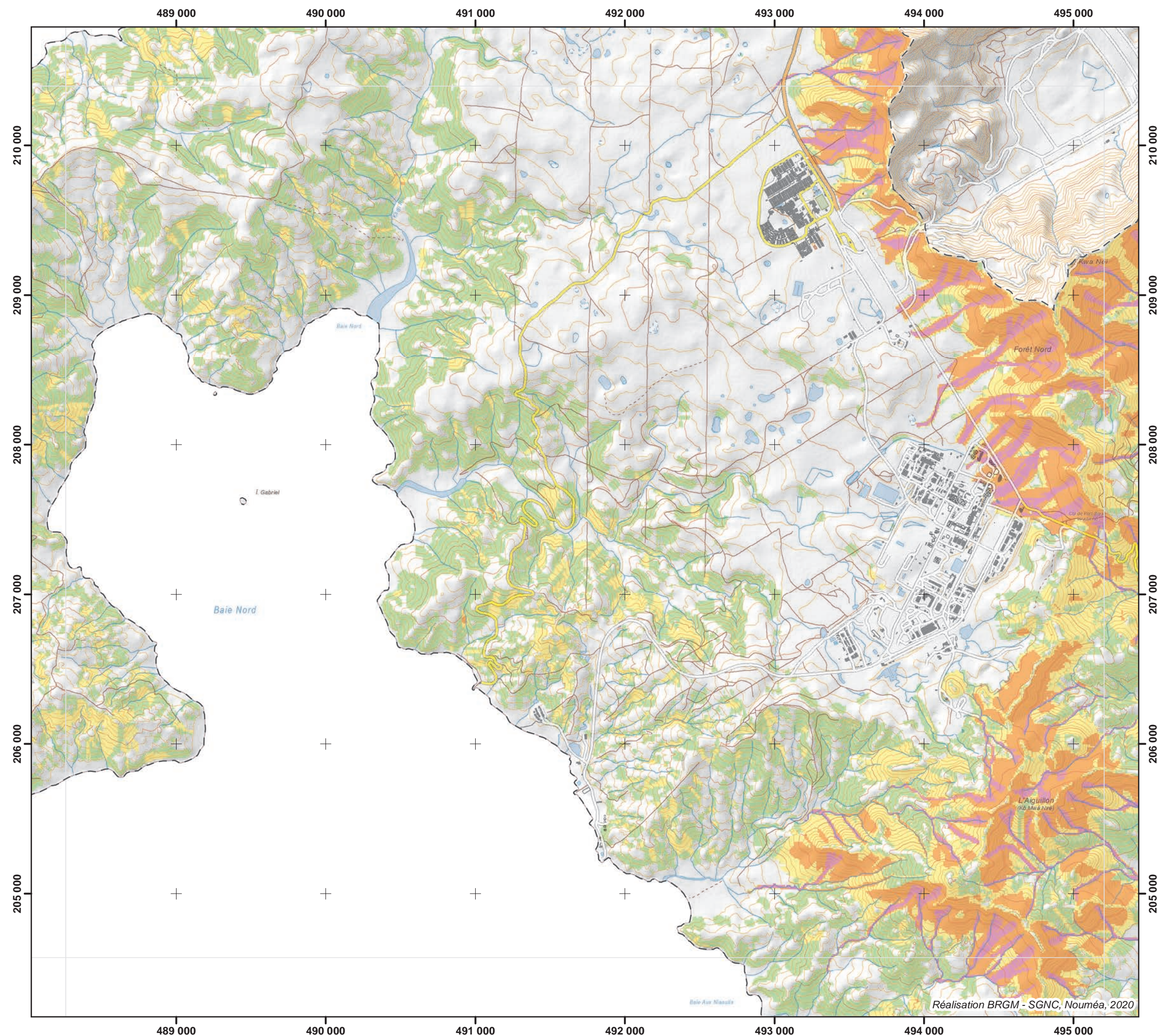


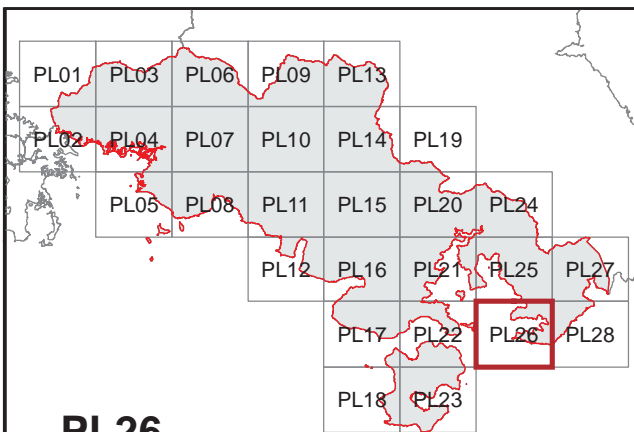
Cartographie de l'aléa mouvement de terrain *Commune du Mont Dore*

Aléa mouvement de terrain



Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)
RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia





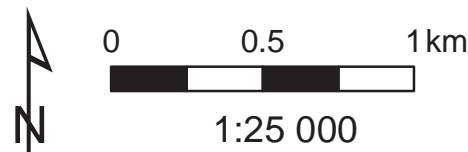
PL26



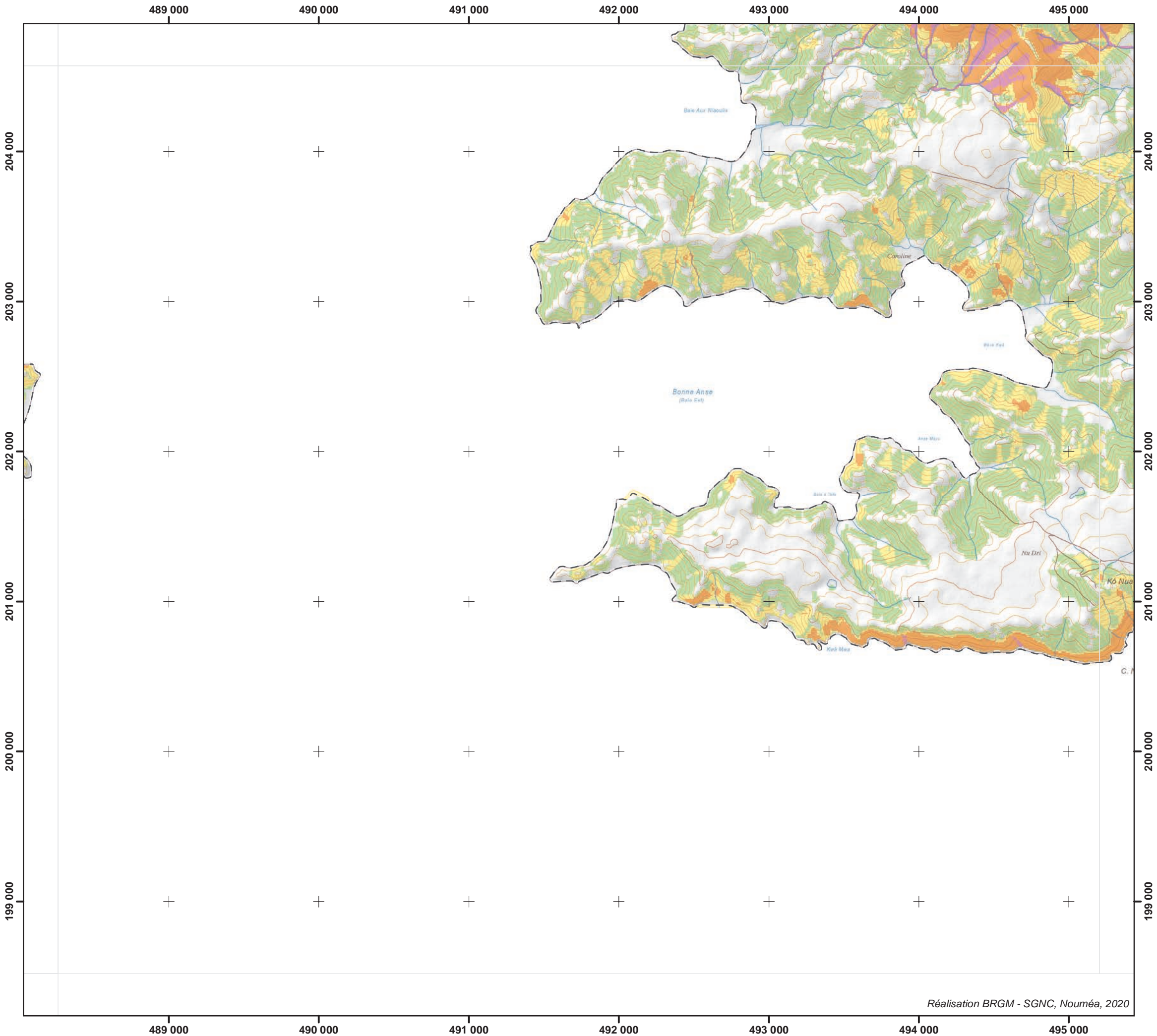
Cartographie de l'aléa
mouvement de terrain
Commune du Mont Dore

Aléa mouvement de terrain

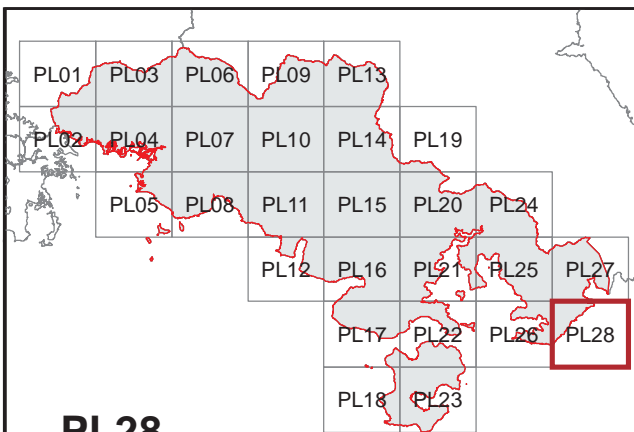
- Elevé
- Modéré
- Faible
- Très faible
- Nul à négligeable
- Grand glissement de versant
- Limite communale



Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)
RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia



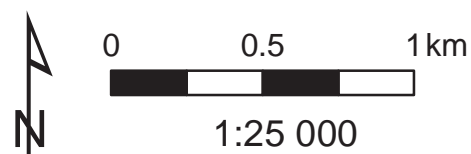
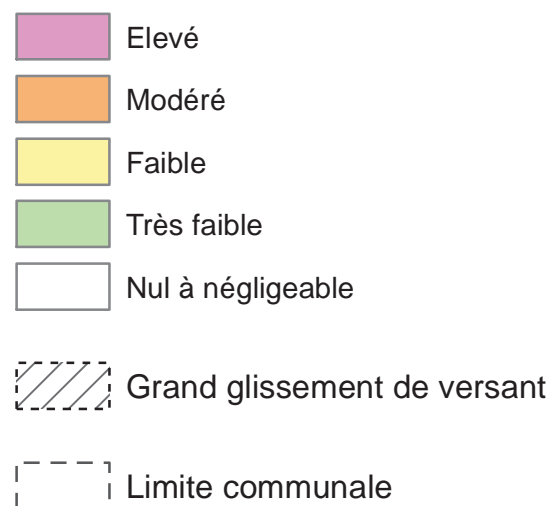
Réalisation BRGM - SGNC, Nouméa, 2020



Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

Commune du Mont Dore

Aléa mouvement de terrain



Sources :
BD topo 10000 (DITTT)
Ombrage MNT 10 m (DTSI)
RGNC 1991 93 Lambert New Caledonia

