Document public

IVème Contrat de Plan Etat Région "Risques naturels et nuisances - Action : Données, information, évaluation sur les risques naturels"

Cartographie des mouvements de terrain dans la vallée du Bas Buëch Laragnais – Hautes-Alpes (05)

Phase 2 – Caractérisation de l'aléa mouvements de terrain au 1/25 000e sur les secteurs des communes de Tréscleoux et Orpierre

BRGM/RP-56467-FR
novembre 2008

Région
Provence-Alpes-Côte d'Azur

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document public

IVème Contrat de Plan Etat Région "Risques naturels et nuisances - Action : Données, information, évaluation sur les risques naturels"

Cartographie des mouvements de terrain dans la vallée du Bas Buëch Laragnais – Hautes-Alpes (05)

Phase 2 – Caractérisation de l'aléa mouvements de terrain au 1/25 000e sur les secteurs des communes de Tréscleoux et Orpierre

BRGM/RP-56467-FR
novembre 2008

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2007 05RISH04

N. Marçot
Avec la collaboration de Christian Mathon et Carola Mirgon

Vérificateur :	**Approbateur :**
Original signé par Luc Closset	Original signé par David Dessandier

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.

Région
Provence-Alpes-Côte d'Azur

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Mots clés : Mouvements de terrain, aléa, glissement, éboulement, chute de blocs, ravinement, bassin versant Bas Buëch – Laragnais, Tréscleoux, Orpierre, Hautes-Alpes, Provence-Alpes-Côte d'Azur

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

N. Marçot avec la collaboration de **C. Mathon** et **C. Mirgon** (2008) – IVème Contrat de Plan Etat Région" Risques naturels et nuisances - Action : Données, information, évaluation sur les risques naturels" Cartographie des mouvements de terrain dans la vallée du Bas Buëch - Laragnais – Hautes-Alpes (05) Phase 2 – Caractérisation de l'aléa mouvements de terrain au 1/25 000e sur les communes de Tréscleoux et Orpierre – Rapport BRGM RP-56467-FR. 81 p., 36 ill. et 2 ann..

© BRGM, 2008, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Cette étude s'intègre dans le cadre du IVème Contrat de Plan Etat Région : « Risques naturels et nuisances, données, information, évaluation sur les risques naturels ». Elle est cofinancée par le Conseil Régional et le BRGM. L'objectif est d'améliorer la connaissance sur les risques naturels dans le cadre d'opération à caractère régional ou local.

La vallée du Bas Buëch - Laragnais, au sud-ouest du département des Hautes-Alpes, est confrontée régulièrement à des problèmes de mouvements de terrain.

Des inventaires départementaux « Phénomènes et Enjeux » réalisés en 2002 en région PACA, pour le MEEDDAT (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire), ont permis de mettre en évidence des bassins de risques particulièrement exposés aux risques naturels. Le Bassin du Bas Buëch – Laragnais est apparue en deuxième priorité pour la Région pour analyser l'aléa mouvements de terrain, après le bassin de la Roya, dans les Alpes-Maritimes, qui a été traité en 2003 – 2004.

La présente étude fait suite à une première phase de cartographie de l'aléa sur tout le bassin versant du bas Buëch Laragnais au 1/50 000 e, réalisée en 2006[1], et qui avait identifié les phénomènes de chutes de blocs et éboulements, les glissements de terrain, les ravinements et les effondrements. Le phénomène ravinement a été pris en compte en tant que phénomène d'érosion des sols pouvant évoluer en coulée de boue, à partir des éléments disponibles. Ainsi sur les 775 km² que représentent le bassin versant, l'évaluation donnait 7 % du territoire en aléa fort chutes de blocs et 9 % pour les glissements de terrain.

La caractérisation de l'aléa mouvements de terrain à l'échelle du 1/25 000e a permis de préciser l'aléa sur certains secteurs en élaborant à partir de nouvelles données d'expertise acquises sur le terrain, des cartographies interprétatives. Deux communes ont été sélectionnées suite à la réunion de clôture de la phase 1, et en accord avec les communes concernées : Trescléoux et Orpierre. Sur ces deux communes, 6 secteurs ont été étudiés en détail principalement en ce qui concerne l'aléa chutes de blocs et glissement de terrain. Le montage financier du projet n'a pas permis de réaliser des cartographies de l'aléa proprement dites au 1/25 000, néanmoins, les différents éléments produits en tant que résultats sont suffisamment pertinents pour appréhender l'aléa mouvements de terrain à une échelle telle que le 1/25 000 dans le cadre de l'amélioration des connaissances sur le secteur du Bas Buëch-Laragnais.

La démarche suivie pour cette deuxième phase est la suivante :

[1] Rapport BRGM RP-55184-FR

- réalisation d'un MNT fin par digitalisation des courbes de niveau du fond IGN au 1/25 000 et interpolation ;
- cartographies interprétatives des formations superficielles, éboulis et substratum ;
- définition et mise en œuvre de traitements numériques ;
- pour chaque type de phénomène, première interprétation du contour des aléas guidée par les résultats des traitements numériques et par une photo interprétation ;
- contrôle sur le terrain de la caractérisation interprétative des aléas mouvements de terrain par type de phénomène ;
- finalisation des différents éléments de résultats.

L'échelle du 1/25 000e permet une meilleure appréciation des phénomènes susceptibles de se produire à l'échelle communale par rapport à l'échelle du 1/50 000 précédemment étudiée, qui permet quant à elle d'avoir une vision globale sur un territoire. Cependant la précision des données de base d'une part, et le principe d'élaboration des cartographies et schémas d'autre part, interdisent toute utilisation de ces documents autre que pour :

- l'aide à la décision lors de l'établissement de priorités dans le cadre d'un programme de cartographie à plus grande échelle (réalisation de Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRN), par exemple) ;
- la sensibilisation et l'information sur les risques liés aux mouvements de terrain à l'échelle communale.

Les documents cartographiques produits ne peuvent en aucune façon remplacer les zonages à l'échelle du 1/10 000e ou 1/5 000e qui pourraient être engagés pour la réalisation de PPR, et encore moins se prêter à des « zooms » à l'échelle de la parcelle ou du tronçon routier.

Sommaire

1. Présentation du projet 9

2. Contexte et localisation de l'étude 11

2.1. CONTEXTE GENERAL 11

2.2. RAPPEL DES RESULTATS DE LA PREMIERE ETUDE 12

2.3. CHOIX DES SECTEURS D'ETUDE 14

3. Démarche utilisée pour la caractérisation de l'aléa mouvements de terrain au 1/25 000 19

3.1. NOTION D'ALEA MOUVEMENTS DE TERRAIN 19

3.2. PRESENTATION DE LA DEMARCHE UTILISEE 19

3.2.1. Réalisation d'un MNT au pas de 20 m 20

3.2.2. Inventaire des mouvements de terrain, indices d'instabilités et autres observations morphologiques 22

3.2.3. Cartographies interprétatives des formations superficielles, éboulis et substratum 31

3.3. CARACTERISATION LITHOLOGIQUE 35

3.4. CARACTERISATION DES PHENOMENES 39

3.4.1. Chutes de blocs et éboulements 39

3.4.2. Glissements de terrain et ravinements 42

4. Caractérisation de l'aléa 45

4.1. EVALUATION DE L'ALEA CHUTES DE BLOCS 45

4.1.1. Rappels sur le phénomène 45

4.1.2. Approche numérique de la caractérisation de l'aléa chutes de blocs et éboulements rocheux 48

4.1.3. Approche qualitative de la caractérisation de l'aléa chutes de blocs et éboulements rocheux 57

4.2. EVALUATION DE L'ALEA GLISSEMENT DE TERRAIN 63

4.2.1. Rappels sur le phénomène 63

4.2.2. Approche empirique 64

4.2.3. Evaluation qualitative de l'aléa 65

5. Conclusion **71**

6. Bibliographie **75**

Liste des illustrations

Illustration 1 : Localisation des communes de Trescleoux et Orpierre 11

Illustration 2 : Répartition des surfaces concernées par tel ou tel niveau d'aléa 12

Illustration 3 : Cartographies de l'aléa mouvements de terrain au 1/50 000 sur le bassin du Bas Buëch Laragnais par phénomène (1 – Chute de blocs et éboulements ; 2 – Glissement de terrain ; 3 – Ravinement ; 4 – Effondrement). 13

Illustration 4 : Cartographie de l'aléa mouvements de terrain (glissements de terrain et chutes de blocs) associée aux enjeux issue de l'étude de cartographie au 1/50 000 14

Illustration 5 : Localisation des secteurs étudiés sur la commune d'Orpierre. 16

Illustration 6 : Vue générale des 4 secteurs étudiés sur Orpierre (1 – Le Village ; 2 – Le Camping ; 3 – Lotissement ; 4 – La Montagne). 16

Illustration 7 : Localisation des secteurs étudiés sur la commune de Trescléoux. 17

Illustration 8 : IVue générale des deux secteurs étudiés sur Tresceloux (1 – Le Village ; 2 – Saint-Clément). 17

Illustration 9 : Construction du Modèle Numérique de Terrain (MNT) et de la carte des pentes sur Orpierre et Trescléoux 21

Illustration 10 : Cartographie des indices d'instabilités sur la commune d'Orpierre 23

Illustration 11 : Cartographie des indices d'instabilités sur la commune de Trescléoux 24

Illustration 12 : Panorama des blocs issus à la fois de la falaise tithonique et de la remobilisation des éboulis. 25

Illustration 13 : Description de blocs observés au lotissement d'Orpierre 26

Illustration 14 : Observations réalisées sur les blocs issus des éboulis stabilisés et éluvions – 1 : éluvions englobant les blocs ; 2 : bloc fracturé ; 3 : câbles ; 4 : ancrages ; 5 : emmaillotage. 30

Illustration 15 : Carte des formations superficielles sur Orpierre 32

Illustration 16 : Carte des formations superficielles sur Trescléoux 32

Illustration 17 : Carte du substratum réinterprété et des formations superficielles sur la commune d'Orpierre 33

Illustration 18 : Carte du substratum réinterprété et des formations superficielles sur la commune de Trescléoux 34

Illustration 19 : Caractérisations lithologiques des formations géologiques présentent sur Orpierre et Trescléoux 37

Illustration 20 : Chutes de blocs et éboulements sur les secteurs étudiés d'Orpierre et de Trescléoux (1 – Traces d'éboulement sur les éboulis stabilisés du Lotissement à

Orpierre ; 2 – Falaise du village d'Orpierre montrant des blocs instables et éboulés en pied ; 3 – Affleurement instable de calcaires Argovien sur la falaise en amont du village de Trescléoux ; 4 – Chutes de pierres dans talweg à l'est du village de Trescléoux ; 5 – Chutes de blocs et de pierres dans le Kimméridgien de la falaise Saint-Miche en amont du Camping d'Orpierre ; 6 – Epandage de blocs sur le talus dans le secteur du futur lotissement à Orpierre).....41

Illustration 21 : Carte des indices d'instabilités sur le secteur de La Montagne à Orpierre et illustration du site. 43

Illustration 22 : Morphologie de Bad lands dans les marnes du Callovien supérieur, Oxfordien sur la commune de Trescléoux, au niveau de Saint-Clément. 43

Illustration 23 : Cartographie des zones de production de blocs identifiées pour les analyses de propagation sur BORA et de trajectographie sur PIERRE-98.....47

Illustration 24 : Paramètres retenus pour l'utilisation de BORA dans le contexte du Bas Buëch-Laragnais. 49

Illustration 25 : Analyse de propagation à l'aide du logiciel BORA et résultats 51

Illustration 26 : Paramètres retenus pour la zone rocheuse productrice de blocs.....53

Illustration 27 : Paramètres retenus pour la zone de talus en pied de falaise. 53

Illustration 28 : Analyse trajectographique à l'aide du logiciel PIERRE-98 et résultats.....55

Illustration 29 : Définition et critères d'identification concernant les éboulements et chutes de blocs 57

Illustration 30 : Carte finale résultat de la qualification de l'aléa chutes de blocs et éboulements ne tenant pas compte de la propagation.....59

Illustration 31 : Carte finale résultat de la qualification de l'aléa chutes de blocs et éboulements tenant compte de la propagation.....61

Illustration 32 : Epaisseur de couverture des formations superficielles.....64

Illustration 33 : Indices sur la nature du substratum 65

Illustration 34 : Définitions et critères d'identification concernant les glissements de terrain 66

Illustration 35 : Carte finale résultat de la qualification de l'aléa glissement de terrain 67

Illustration 36 : Carte finale résultat de la qualification de l'aléa glissements de terrain tenant compte de laprobabilité d'apparition de ravinements sur les Bad lands.....69

Liste des annexes

Annexe 1 Démarche utilisée pour la caractérisation de l'aléa mouvements de terrain au 1/25 000 sur le Bas-Buëch Laragnais.....77

Annexe 2 Inventaire des événements mouvements de terrain.....81

1. Présentation du projet

Cette étude s'inscrit dans le cadre du Contrat de Plan Etat Région Provence Alpes Côte d'Azur 2000-2006. Elle est constituée de deux phases successives :

- une cartographie au 1/50 000 des aléas mouvements de terrain sur l'ensemble du bassin versant du Bas Buëch Laragnais ;

A cette échelle, une appréciation globale des phénomènes susceptibles de se produire aux niveaux de chacune des deux communes peut-être faite. Les résultats cartographiques de cette première phase constituent un document de base pour la sensibilisation et l'information de la population sur les risques liés aux mouvements de terrain. Ces résultats font l'objet du rapport BRGM RP-55184-FR (N. Marçot et coll., 2007).

- une caractérisation de l'aléa mouvements de terrain à 1/25 000 dans les zones où à priori les risques sont les plus importants (choix tenant compte des résultats cartographiques de l'aléa au 1/50 000 et des zones à enjeux prioritaires définis avec les communes).

Les résultats obtenus au 1/25 000 se sont traduits par une caractérisation des phénomènes sur les secteurs choisis, une étude de propagation notamment en ce qui concerne les chutes de blocs, et une meilleure caractérisation de l'aléa. La cartographie proprement dite de l'aléa mouvements de terrain au 1/25 000 n'a pas été finalisée compte tenu du montage financier final du projet. Néanmoins, ces résultats peuvent servir de support pour la prise en compte des risques dans les documents d'urbanisme, de façon très ponctuelle ; par ailleurs, ils peuvent aussi constituer, dans la mesure où ils seront complétés par une réelle cartographie de l'aléa, des documents préparatoires à l'élaboration des PPR (Plans de Prévention des Risques).

2. Contexte et localisation de l'étude

2.1. CONTEXTE GENERAL

L'étude de caractérisation de l'aléa mouvements de terrain s'est focalisée sur deux communes du Bas Buëch Laragnais : Orpierre et Trescléoux, et plus précisément sur 6 secteurs préalablement identifiés avec les communes (Illustration 1).

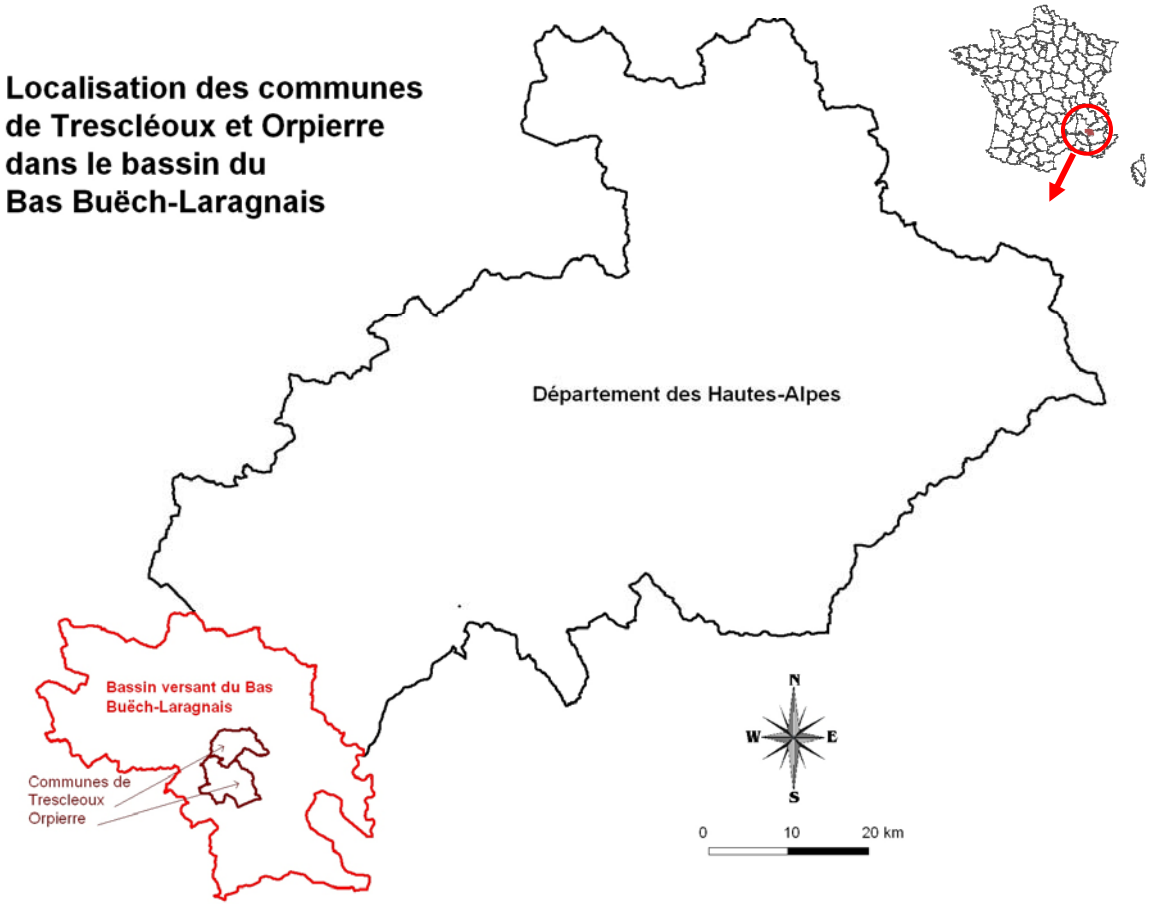


Illustration 1 : Localisation des communes de Trescleoux et Orpierre

- **Orpierre** est une commune de 27.4 km² qui comptait 318 habitants (avec une densité de population de 9 habitants par km²) en 2006.
- **Trescléoux** est une commune de 18.6 km² et comptait 311 habitants (avec une densité de population de 15 habitants par km²) en 2005.

2.2. RAPPEL DES RESULTATS DE LA PREMIERE ETUDE

A partir de la typologie des événements mouvements de terrain établie dans le cadre de la première étude, différentes cartographies ont été produites :

- les glissements de terrain et les chutes de blocs ont fait l'objet d'une cartographie de l'aléa proprement dite ;
- les ravinements ont été évalués sous la forme d'une susceptibilité reliée à la présence ou non d'un drain. Il a été estimé de façon arbitraire (compte tenue de l'échelle de rendu de la cartographie d'aléa et des données disponibles), qu'un bassin versant d'une superficie minimum de 2,5 ha associé à une pente de 10° rassemble des conditions suffisantes pour générer un mouvement de type ravinement sur les zones précédemment identifiées[2] ;
- les effondrements, compte tenue du peu de données ont été étudiés uniquement sur une notion de susceptibilité.

Ainsi, sur les 775 km² que représentent le bassin versant du Bas Buëch – Laragnais, les aléas glissements de terrain et chutes de blocs se répartissent de la façon suivante (Illustration 2) :

	Nul à faible	Faible	Modéré	Fort
Chute de blocs	56%	5%	32%	7%
Glissement de terrain	34%	44%	13%	9%

Illustration 2 : Répartition des surfaces concernées par tel ou tel niveau d'aléa

Ce secteur du sud des Hautes-Alpes reste donc sensible en terme d'instabilités de types glissements de terrain, ravinements et chutes de blocs ; les effondrements y sont quant à eux beaucoup moins nombreux mais peuvent survenir compte tenu de la nature de certaines formations géologiques.

L'Illustration 3 page suivante présente les cartographies de l'aléa mouvements de terrain au 1/50 000 par type de phénomène et montrent bien que l'ensemble du bassin du Bas Buëch Laragnais est concerné par ces phénomènes et les risques associés.

[2] Rapport BRGM RP-55184-FR

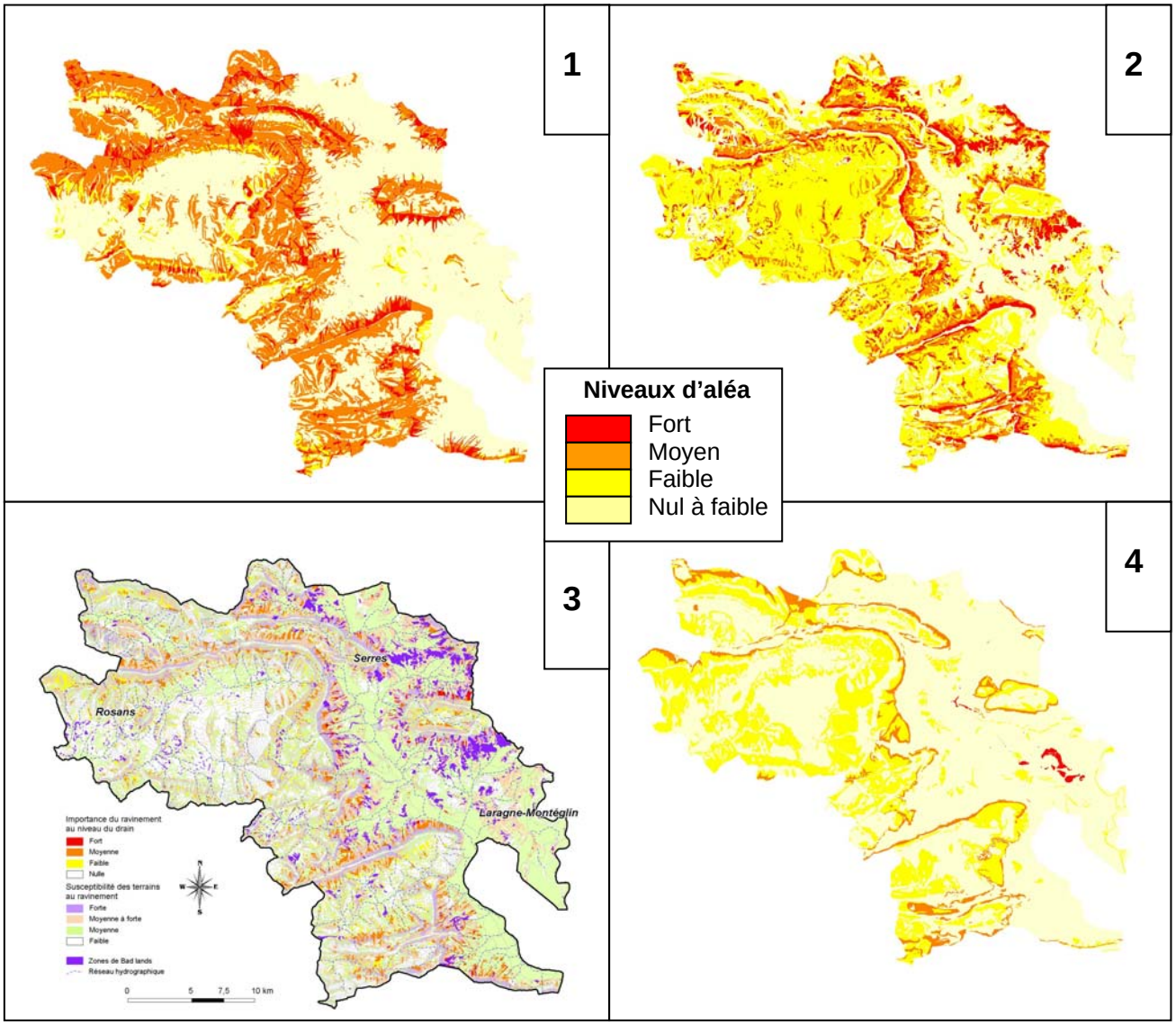


Illustration 3 : Cartographies de l'aléa mouvements de terrain au 1/50 000 sur le bassin du Bas Buëch Laragnais par phénomène (1 – Chute de blocs et éboulements ; 2 – Glissement de terrain ; 3 – Ravinement ; 4 – Effondrement).

L'étude de cartographie de l'aléa au 1/50 000 a également permis d'identifier des secteurs à aléa fort concernant des éléments exposés de type routes, bâtiments. Les deux communes d'Orpierre et de Trescléoux sont notamment concernées par un aléa mouvements de terrain élevé et des enjeux importants (Illustration 4).

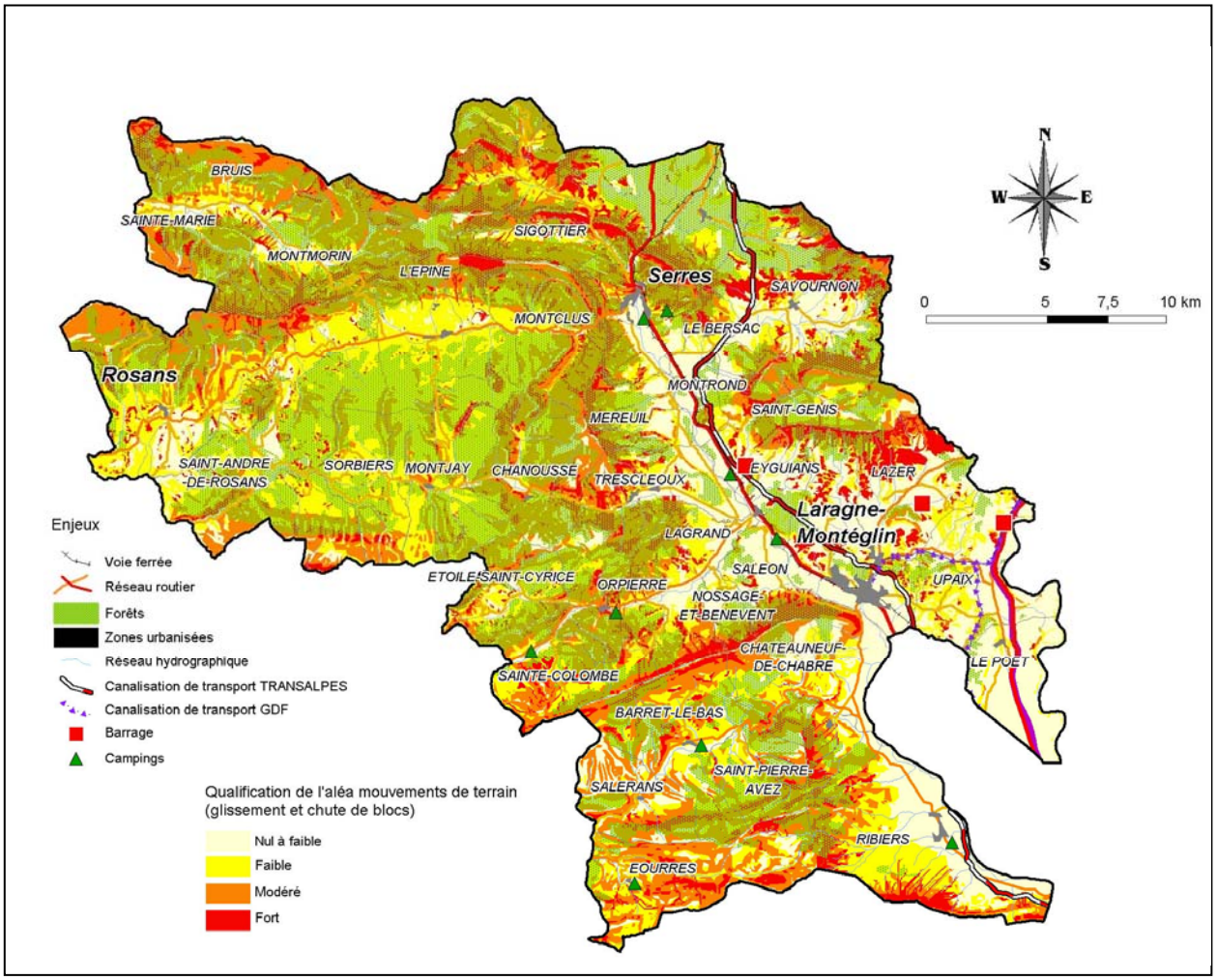


Illustration 4 : Cartographie de l'aléa mouvements de terrain (glissements de terrain et chutes de blocs) associée aux enjeux issue de l'étude de cartographie au 1/50 000

2.3. CHOIX DES SECTEURS D'ETUDE

Les secteurs étudiés ont été choisis en collaboration avec les élus locaux, selon les enjeux présents et exposés à l'aléa et à partir des résultats mis en évidence dans la cartographie au 1/50 000.

Ainsi, sur Orpierre, 4 secteurs on été identifiés :

- la Montagne : au nord-ouest du village, le lieu-dit de la Montagne est relativement excentré. Il s'agit d'un ancien hameau abandonné sur un plateau susceptible d'être réaménagé à plus ou moins long terme. Or ce secteur montre des indices de mouvements de type glissement de terrain, voir fluage ;

- le Village est surmonté de hautes falaises calcaires, avec des altitudes atteignant les 750 m juste en amont du village, et plus de 800 m plus au nord-est. Dans le Vallon Nord, ces falaises sont aménagées en voies d'escalade réputées dans la région, et par conséquent elles drainent un nombre important de grimpeurs durant l'année. Ces falaises sont surveillées régulièrement, nous avons donc ciblé

notre travail sur la falaise qui domine les premières habitations en amont du vieux village ;

- le Camping situé en contre bas de la falaise St Michel constitue le deuxième secteur. Cette falaise culminant à plus de 1200 m d'altitude est orientée nord, et a produit un certain nombre de blocs dont certains sont visibles sur la pente en contrebas. En aval, vers 700 m d'altitude, se trouve le camping d'Orpierre qui s'étend sur tout le bas de la côte St-Michel.

- le Lotissement se situe à l'est de la commune, au niveau de l'arrête de l'Adrech. En aval, il s'y construit un nouveau complexe résidentiel. Seule la voirie était construite au moment de l'étude, ce qui nous a permis d'appréhender l'aménagement prévu du lotissement. Deux phénomènes ont été étudiés, d'une part la production de blocs depuis la falaise de l'Adrech, d'autre part la remobilisation d'éboulis vifs ou non dans les formations superficielles qui forment aujourd'hui des reliefs et des affleurements bien visibles, dont certains blocs ont déjà fait l'objet de parades.

En ce qui concerne la commune de Trescléoux, 2 secteurs ont été étudiés :

- le Village, et principalement le massif où se trouve la table d'orientation juste en amont des habitations, est le secteur le plus exposé aux chutes de blocs. Ce site n'est qu'en partie conforté mais il reste des zones non protégées ;

- St Clement est un secteur au nord du village de Trescléoux, comprenant à la fois les falaises de Languissard et le talus en aval correspondant au Callovien. Seule l'extrémité sud a été validée sur le terrain, en amont du village.

Les Illustrations pages suivantes (5, 6, 7 et 8) présentent la localisation des secteurs étudiés et quelques photographies.

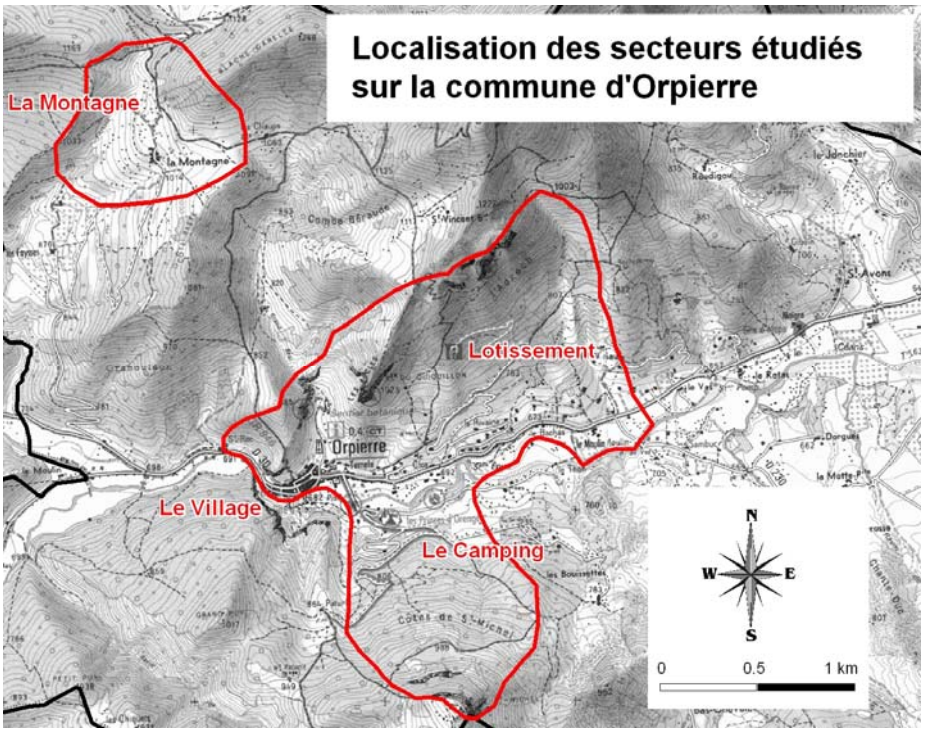


Illustration 5 : Localisation des secteurs étudiés sur la commune d'Orpierre.

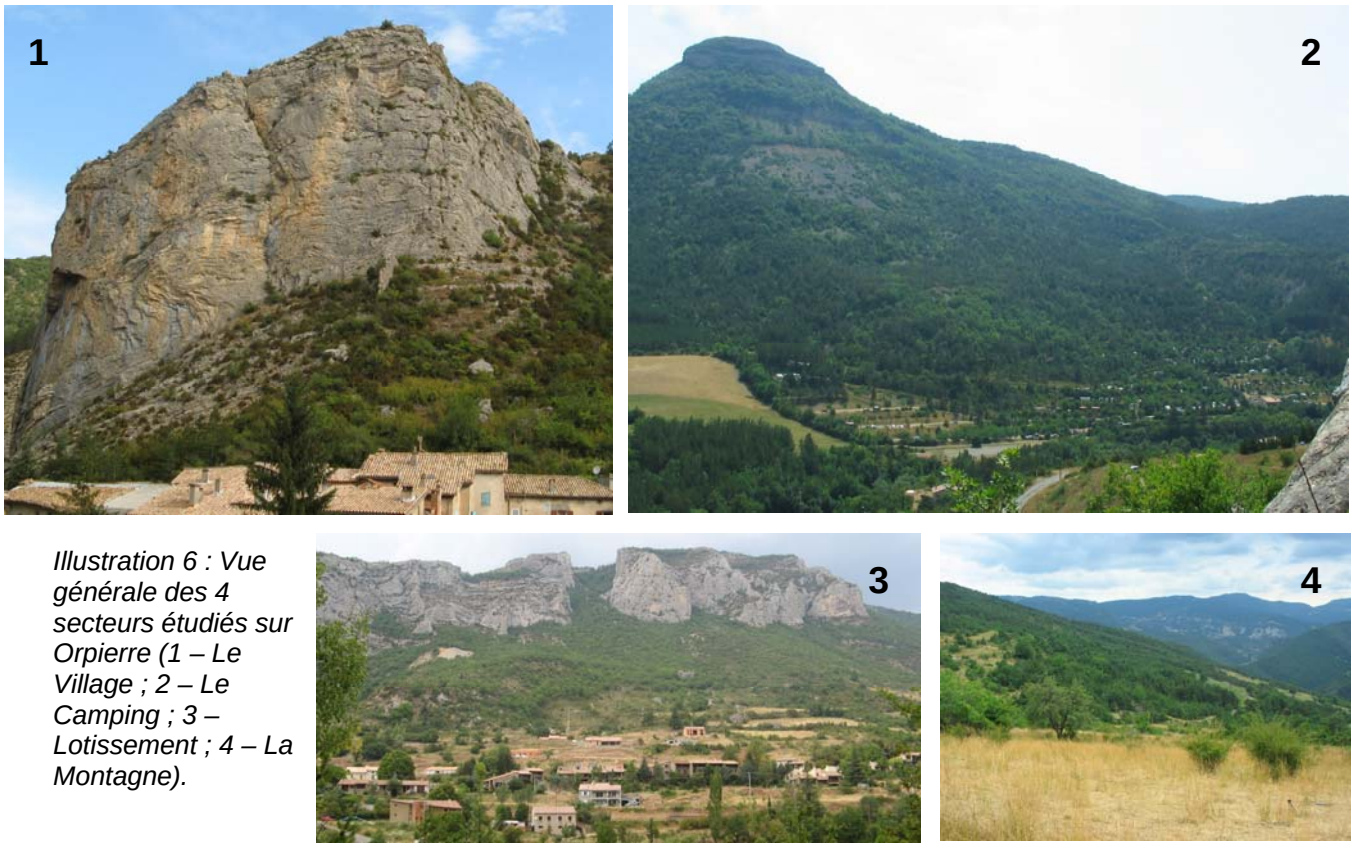


Illustration 6 : Vue générale des 4 secteurs étudiés sur Orpierre (1 – Le Village ; 2 – Le Camping ; 3 – Lotissement ; 4 – La Montagne).

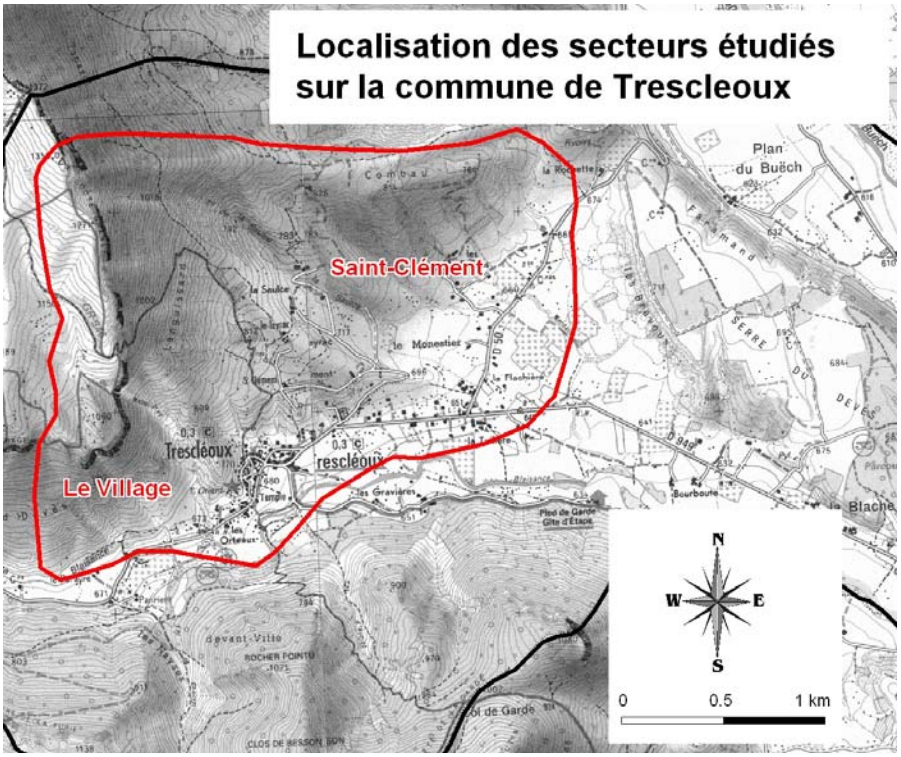


Illustration 7 : Localisation des secteurs étudiés sur la commune de Trescléoux.

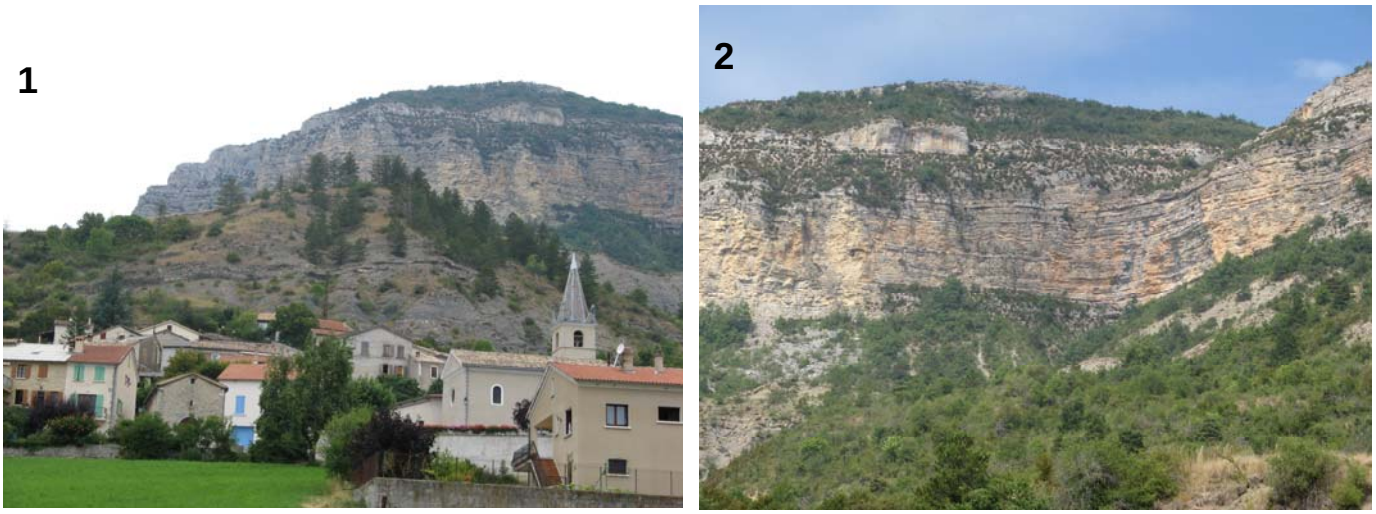


Illustration 8 : IVue générale des deux secteurs étudiés sur Tresceloux (1 – Le Village ; 2 – Saint-Clément).

3. Démarche utilisée pour la caractérisation de l'aléa mouvements de terrain au 1/25 000

3.1. NOTION D'ALEA MOUVEMENTS DE TERRAIN

Au même titre que ce qui avait été précisé dans la première phase de l'étude, l'aléa est classiquement défini comme la probabilité d'occurrence d'un phénomène d'intensité donnée sur un territoire donné, dans une période de référence donnée.

Cette définition comporte donc les éléments suivants :

- la référence à un phénomène, en principe défini assez précisément, tel que : chute de blocs, glissement de terrain etc. ;
- la référence à une intensité de ce phénomène, beaucoup plus difficile à analyser ;
- une composante spatiale : un aléa donné s'exerce sur une zone (territoire) donnée ;
- une composante temporelle : c'est la probabilité plus ou moins grande d'occurrence temporelle du phénomène.

L'estimation de la probabilité d'occurrence dans le cas des mouvements de terrain du Buëch, pose le problème de l'analyse probabiliste de phénomènes de rupture, dépendant à la fois de paramètres géotechniques et hydrauliques intrinsèques au massif, et de facteurs externes aléatoires (comme par exemple la météo). Le degré de connaissance de ces facteurs est pratiquement toujours insuffisant pour évaluer une occurence « quantitative »de rupture. Les mouvements de terrain sont très souvent des phénomènes discrets pouvant évoluer imperceptiblement sur de longues périodes avant de subir une accélération soudaine dont la prédiction est particulièrement délicate.

Dans le contexte de notre étude, l'aléa a été évalué selon une estimation qualitative de l'état de stabilité de la falaise à partir des différents critères qui vont être décrits ultérieurement. Il correspond à une susceptibilité aux instabilités.

D'autre part, l'objectif ici comme cela a été dit en introduction n'est pas la réalisation d'une cartographie proprement dite de l'aléa mouvements de terrain mais plutôt une appréciation à l'échelle du 1/25 000 de la susceptibilité des terrains au phénomène mouvements de terrain par l'intermédiaire d'analyses plus fines telles que la mise en évidence d'indices d'instabilités, le croisement localement de la lithologie avec la pente, la propagation (pour les chutes de blocs).

3.2. PRESENTATION DE LA DEMARCHE UTILISEE

Le passage de l'échelle du 1/50 000 à celle du 1/25 000 implique plus l'acquisition de données complémentaires que de traitements sophistiqués (Annexe 1) :

Les étapes de la démarche sont les suivantes :

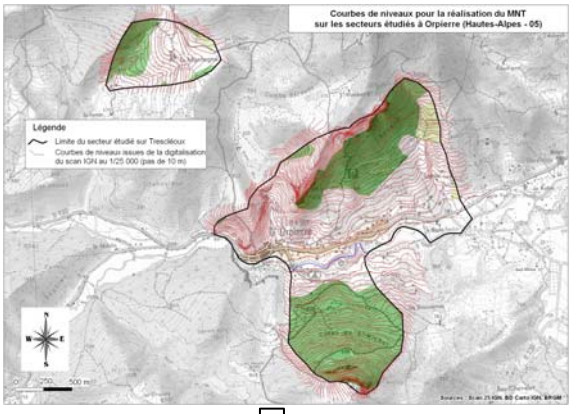
- réalisation d'un MNT fin par digitalisation des courbes de niveau et interpolation ;
- cartographies interprétatives des formations superficielles, éboulis et substratum ;
- définition et mise en œuvre de traitements numériques ;
- pour chaque type de phénomène, première interprétation du contour des aléas guidée par les résultats des traitements numériques et par une photo interprétation ;
- contrôle sur le terrain de la caractérisation interprétative des aléas mouvements de terrain par type de phénomène ;
- finalisation des différents éléments de résultats.

Pour mener à bien cette démarche, différentes données de base complémentaires ont dû être acquises dans le cadre de l'étude, c'est ce que nous allons présenter dans les paragraphes suivants :

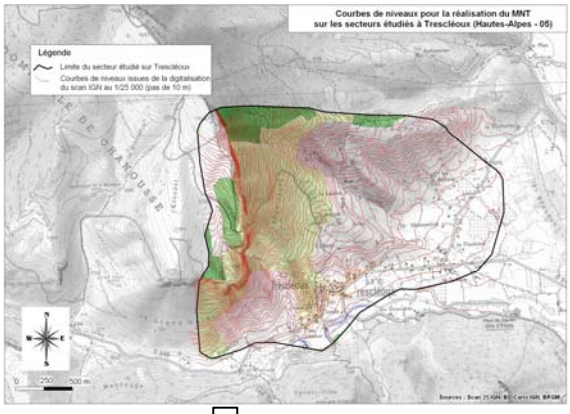
3.2.1. Réalisation d'un MNT au pas de 20 m

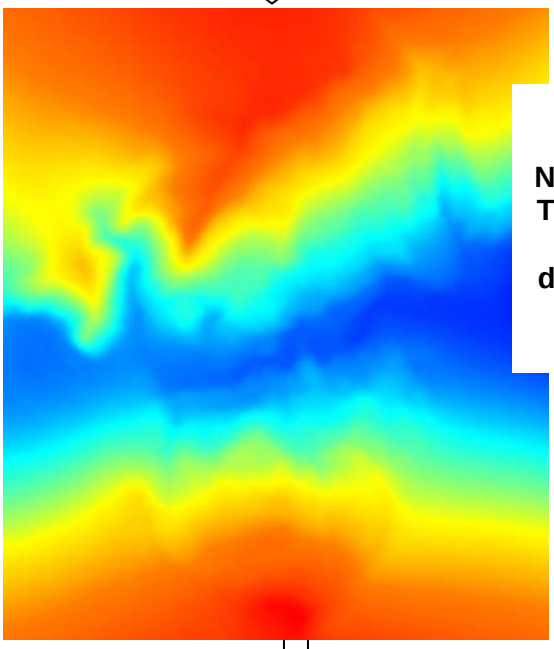
Le MNT IGN au pas de 50 m étant trop imprécis pour une cartographie au 1/25 000, au niveau de chacun des secteurs d'étude, une digitalisation des courbes de niveau visibles sur les fonds topographiques IGN à 1/25 000 a été réalisée. Puis une interpolation de ces données a permis la réalisation d'un modèle numérique de terrain (MNT) avec une maille au pas de 20 m. A partir de ce MNT, la carte des pentes ainsi que celle de l'exposition des versants ont été calculées. L'ensemble de ces traitements a été réalisé avec le logiciel Arc GIS. Ces données ont ensuite servi dans l'interprétation des aléas glissements de terrain et chutes de blocs.

L'Illustration page suivante présente les étapes de la réalisation du MNT à partir du scan IGN au 1/25 000 ainsi que le résultat de la construction de la carte des pentes.

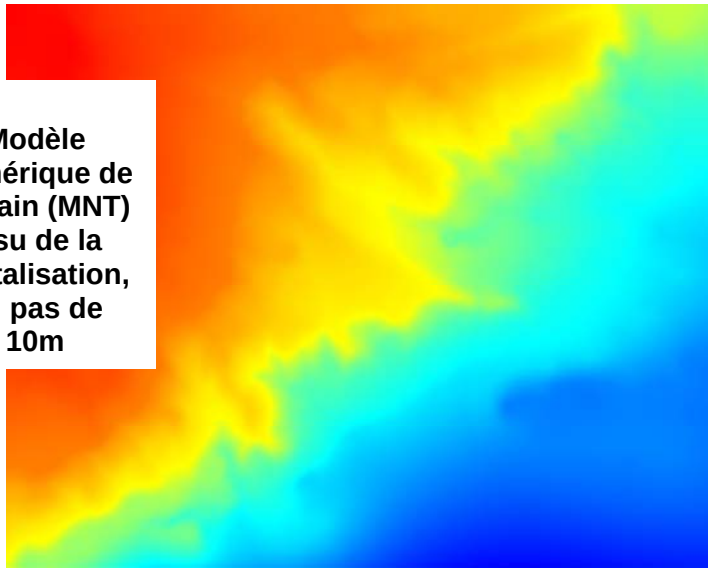


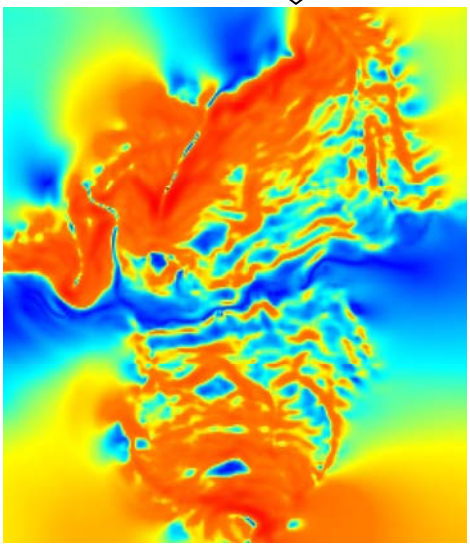
Courbes de niveaux digitalisées sur scan 25 IGN au pas de 10m





Modèle Numérique de Terrain (MNT) issu de la digitalisation, au pas de 10m





Cartographies des pentes issues du MNT au pas de 10m

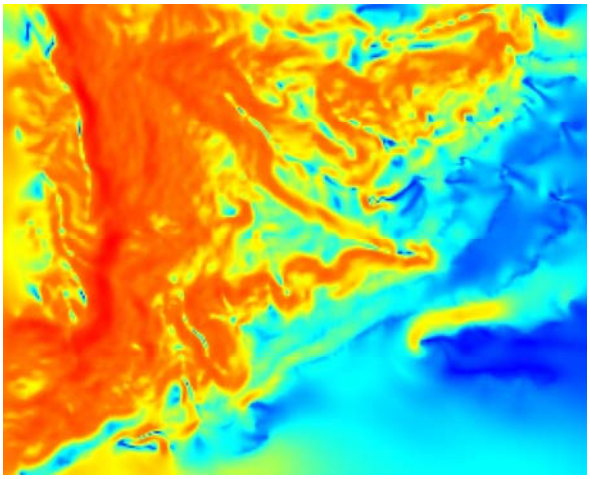


Illustration 9 : Construction du Modèle Numérique de Terrain (MNT) et de la carte des pentes sur Orpierre et Trescléoux

3.2.2. Inventaire des mouvements de terrain, indices d'instabilités et autres observations morphologiques

Lors de la première phase de l'étude un inventaire des mouvements de terrain a été réalisé. Celui-ci a été ponctuellement complété pour la caractérisation de l'aléa mouvements de terrain.

Parmi les principales observations d'ordre géomorphologiques ou géologiques relevées et synthétisées sur les cartes d'observations factuelles (ou les cartes informatives des phénomènes naturels), il s'agit en particulier d'indications relatives :

- aux falaises et à leur hauteur moyenne ;
- aux zones d'éboulis ;
- à la taille des blocs ;
- à la fracturation des terrains rocheux ;
- au pendage stratigraphique ;
- aux niches d'arrachements (zones glissées actives ou anciennes) ;
- aux bourrelets de pente (zones glissées actives ou anciennes) ;
- aux zones de Bad Lands ;
- aux ravines (axes de ravinement actif ou drain hydrographique) ;
- à l'épaisseur de colluvions observées ;
- aux principales sources hydrogéologiques (indications BSS).

Les deux Illustrations pages suivantes présentent deux cartographies des indices mis en évidence sur chacune des communes en ce qui concerne les mouvements de terrain.

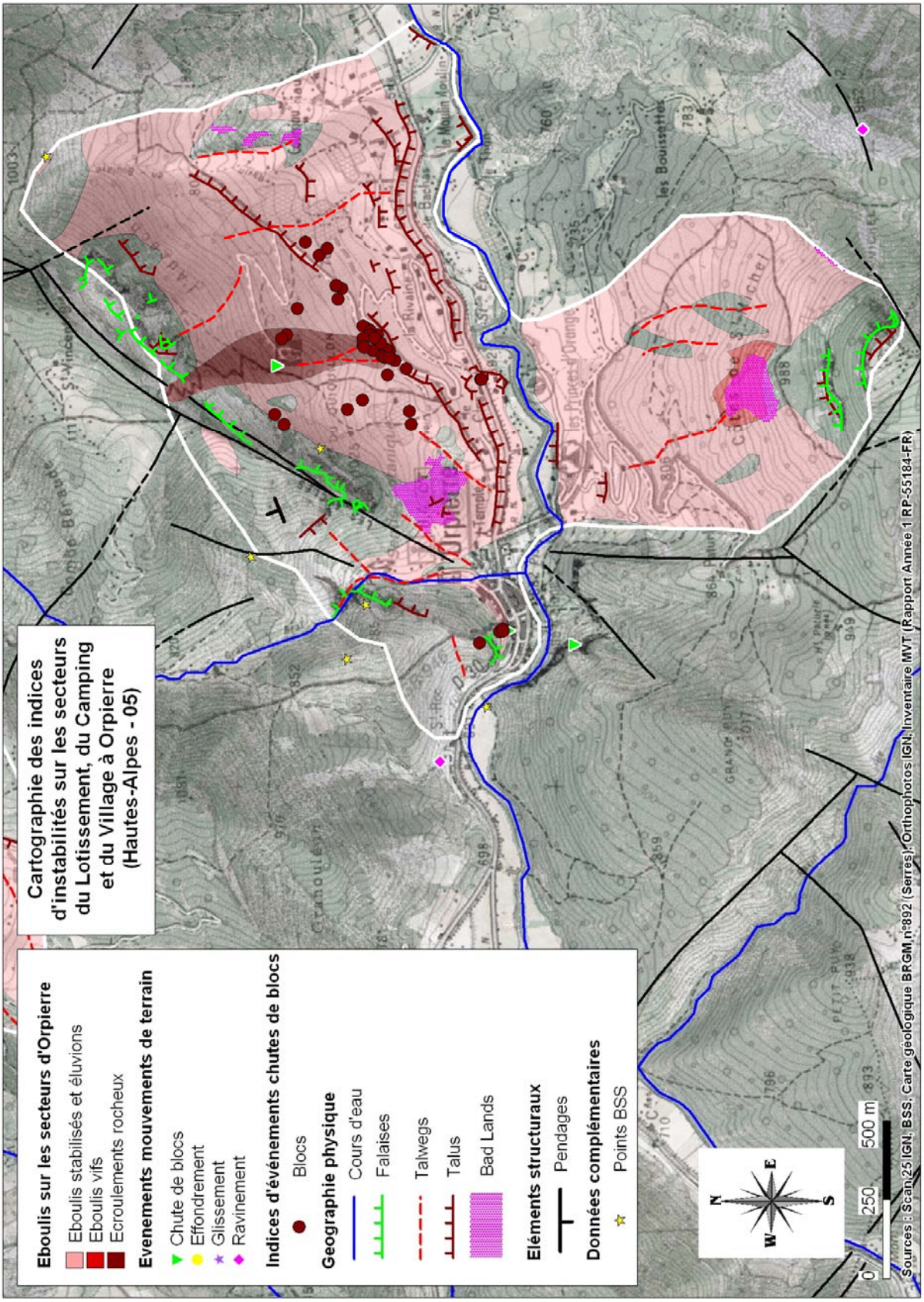


Illustration 10 : Cartographie des indices d'instabilités sur la commune d'Orpierre

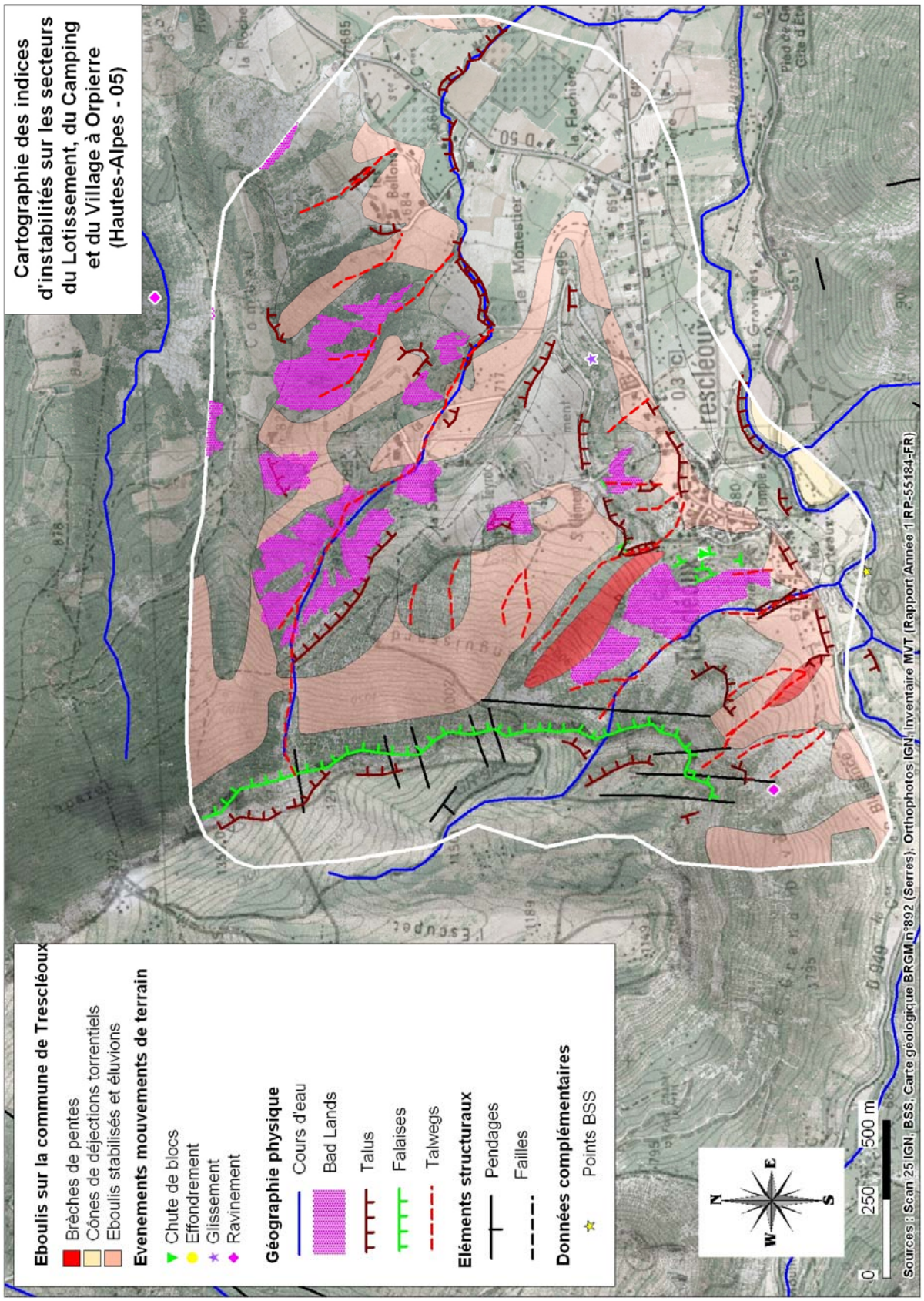


Illustration 11 : Cartographie des indices d'instabilités sur la commune de Trescléoux

S'agissant d'Orpierre, un travail de cartographie des blocs issus de la falaise de l'Adrech a été réalisé (Illustration 12). Il a permis de calibrer un certain nombre de blocs produits en amont et de caler les distances de propagation pour la réalisation, ensuite, des traitements numériques.

La production de blocs en aval sur le Lotissement peut avoir deux origines :

- d'une part la barre de calcaire Tithonique sur la crête de l'Adrech en amont du Lotissement qui peut produire des blocs directement (blocs 4, 9, 10, 12 et 13 par exemple) ;
- d'autre part les éboulis stabilisés et éluvions sur les flancs sud de la barre calcaire de l'Adrech qui peuvent être remobilisés et par conséquent remettre en mouvements des blocs déjà éboulés mais mal stabilisés (blocs 1, 2, 3, 5 et 6 par exemple).

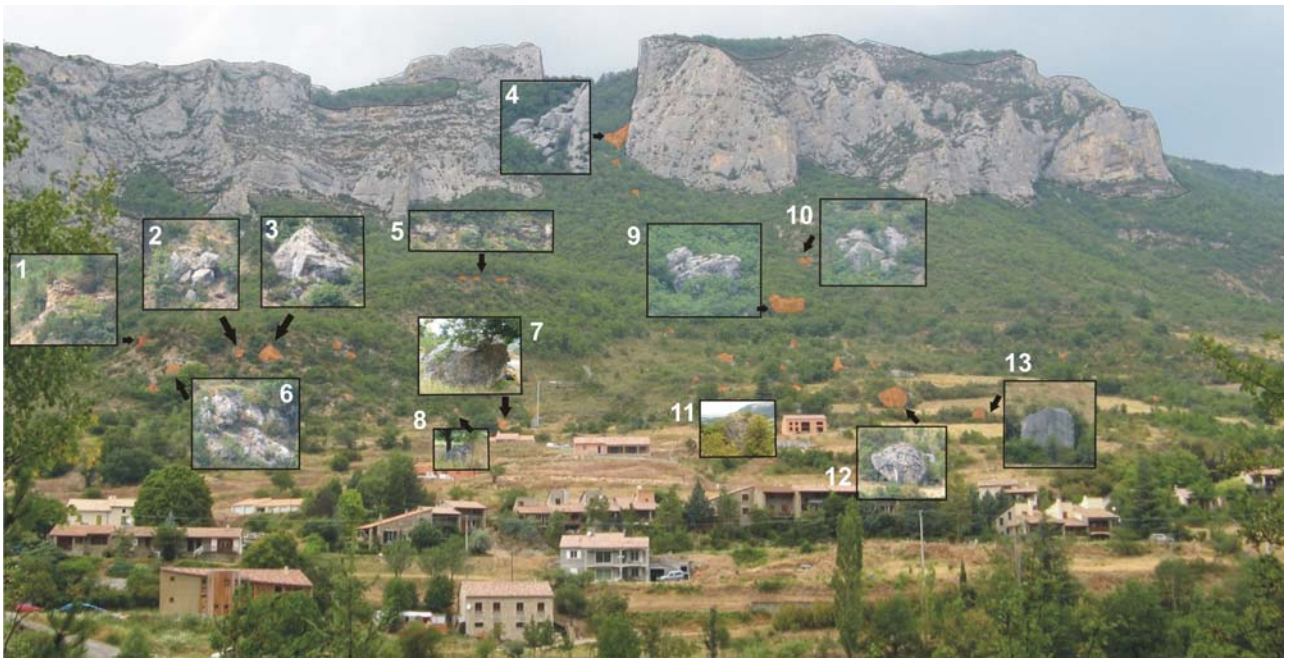


Illustration 12 : Panorama des blocs issus à la fois de la falaise tithonique et de la remobilisation des éboulis.

L'Illustration 12 montre un panorama du secteur du lotissement d'Orpierre mettant en évidence une série de blocs en épandage sur la pente et la possible remobilisation de certains. En effet, les éluvions présentes sur la pente sont peu indurées et ont déjà subit un lessivage au cours de leur mise en place, d'autre part, certains blocs sont très fracturés et désolidarisés de la pente. Un certain nombre ont déjà fait l'objet de travaux de stabilisation par le biais de câbles, ancrages et emmaillotages. L'Illustration 13 présente une description de chacun des blocs observés, qu'ils soient potentiellement instables ou non.

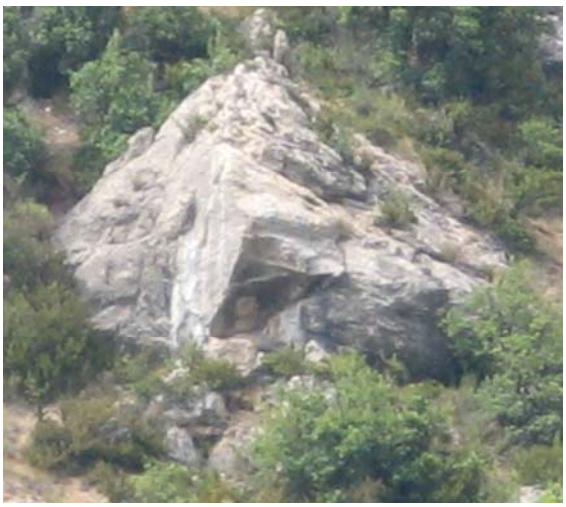
Num	Illustration	Description
1		Affleurement dans les éboulis stabilisés et éluvions montrant une érosion de la matrice correspondant aux éluvions, ainsi que la possible mise en mouvement de blocs de petite taille (< 1 m^3) en cas de forte érosion de la matrice.
2		Chaos de blocs particulièrement instables stabilisés par un maillage de câbles aciers ancrés en amont, en raison de leur possible remaniement et éboulement dans la pente (volumes des blocs compris en 0.5 et 1 m^3).
3		Bloc calcaire volumineux (plusieurs dizaines de tonnes) certainement issu de la barre calcaire tithonique en amont, peu fracturé et bien stabilisé dans la pente.

Illustration 13 : Description de blocs observés au lotissement d'Orpierre

	Illustration	Description
4		Chaos de blocs en pied de la falaise du Tithonique, directement issu de cette barre calcaire, mais dont la propagation a été réduite.
5		Mise en évidence de blocs issus des éboulis stabilisés et éluvions, prêts à être remobilisés en cas d'érosion poussée des éluvions.
6		Affleurement rocheux correspondant à des blocs calcaires des éboulis stabilisés et éluvions, très fracturés, produisant par endroit des pierres de petits volumes (< 0.5 m^3).
7		Blocs calcaire volumineux (plusieurs tonnes) stabilisé, issu de la barre calcaire tithonique en amont, et peu fracturé.

Num	Illustration	Description
8		Blocs calcaire volumineux (plusieurs tonnes) stabilisé, issu de la barre calcaire Tithonique en amont, et peu fracturé.
9		Blocs calcaire volumineux (plusieurs tonnes) relativement stabilisé, issu de la barre calcaire Tithonique en amont, montrant une fracturation au sommet pouvant à termes individualiser des blocs de volumes intermédiaires (de l'ordre du m^3).
10		Blocs calcaires issus du démantèlement de la falaise Tithonique en amont. Le chao est formé de blocs de différents volumes et paraît stabilisé sur le talus.
11		Bloc calcaire volumineux (plusieurs tonnes) issu d'une chute ancienne de blocs de la falaise Tithonique en amont

Num	Illustration	Description
12		Blocs calcaires issus du démantèlement de la falaise Tithonique en amont. Le bloc le plus volumineux (plusieurs centaines de m^3) paraît bien stabilisé sur le talus, et peu fracturé.
13		Bloc calcaire volumineux issu du démantèlement de la falaise Tithonique en amont. La position du bloc sur le talus permet de juger de sa bonne stabilité.

Un certain nombre de ces blocs ont déjà été stabilisés par l'installation de parades et d'aménagements adéquats (Illustration 14).

Les traitements numériques mis en œuvre (voir chapitre correspondant) vont permettre de qualifier les différentes probabilités de propagation des blocs issus des deux sources différentes de production (falaise Tithonique et éboulis).

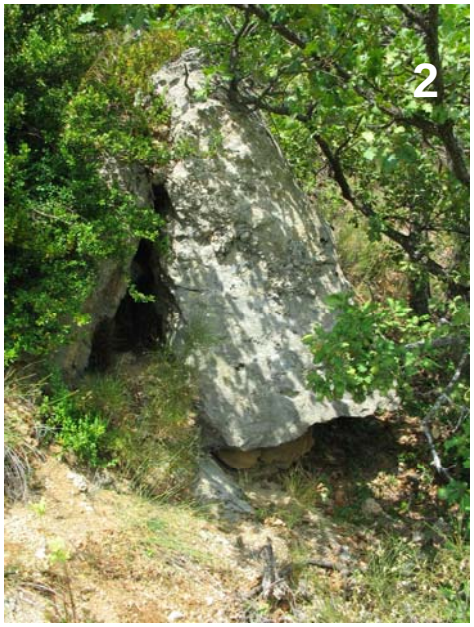


Illustration 14 : Observations réalisées sur les blocs issus des éboulis stabilisés et éluvions – 1 : éluvions englobant les blocs ; 2 : bloc fracturé ; 3 : câbles ; 4 : ancrages ; 5 : emmaillotage.

3.2.3. Cartographies interprétatives des formations superficielles, éboulis et substratum

Toutes les formations superficielles récentes, généralement non consolidées, sont vulnérables aux agents météorologiques, et instables, en particulier lorsqu'elles tapissent des versants à forte pentes. Sans aller jusqu'à l'interprétation des épaisseurs de ces formations, une cartographie de leur recouvrement ainsi qu'un croisement formations superficielles / pente ont pu être réalisés. Des indications sur la nature de ces formations (consolidées, à gros blocs, matrice argileuse importante, etc…) sont apportées dans l'Illustration 19. Ces cartographies ont été utilisées pour la caractérisation des glissements de terrain et chutes de blocs.

D'autre part, la nature lithologique d'une formation géologique permet de prévoir, dans ses grands traits, son comportement mécanique. Ainsi, sont reportées dans l'Illustration 19 les caractéristiques lithologiques de chacune des formations du substratum. Les cartographies correspondantes ont été utilisées pour les caractérisations des glissements de terrain et chutes de blocs.

Enfin, la direction et le pendage des couches sédimentaires peuvent également jouer un rôle déterminant dans la stabilité des versants.

Les Illustrations en pages suivantes (15, 16, 17 et 18) présentent les cartographies de ces données complémentaires acquises.

Il est intéressant d'observer que les zones étudiées sont à plus de 60% recouvertes de formations superficielles.

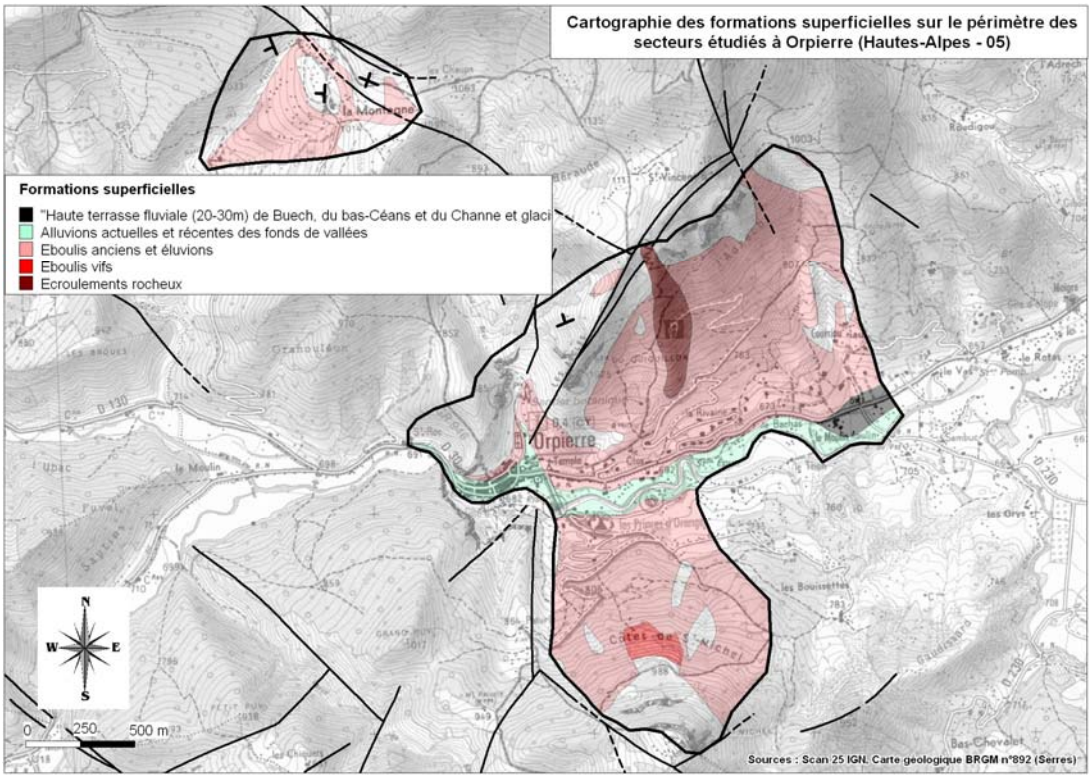


Illustration 15 : Carte des formations superficielles sur Orpierre

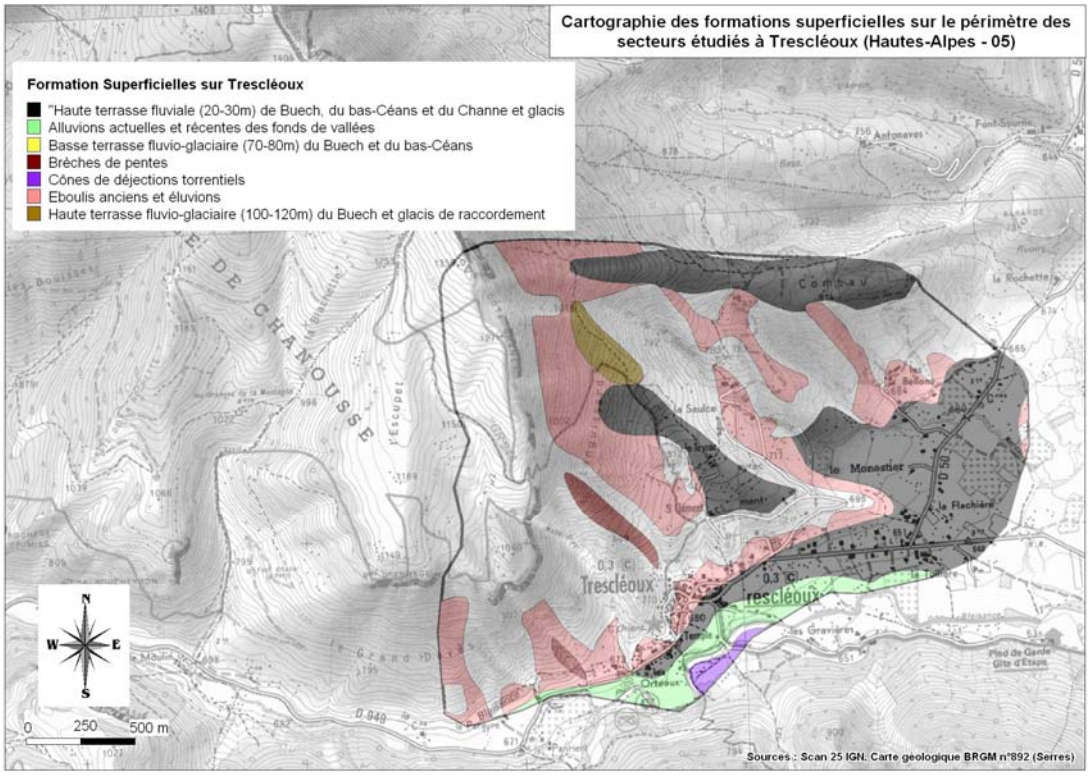


Illustration 16 : Carte des formations superficielles sur Trescléoux

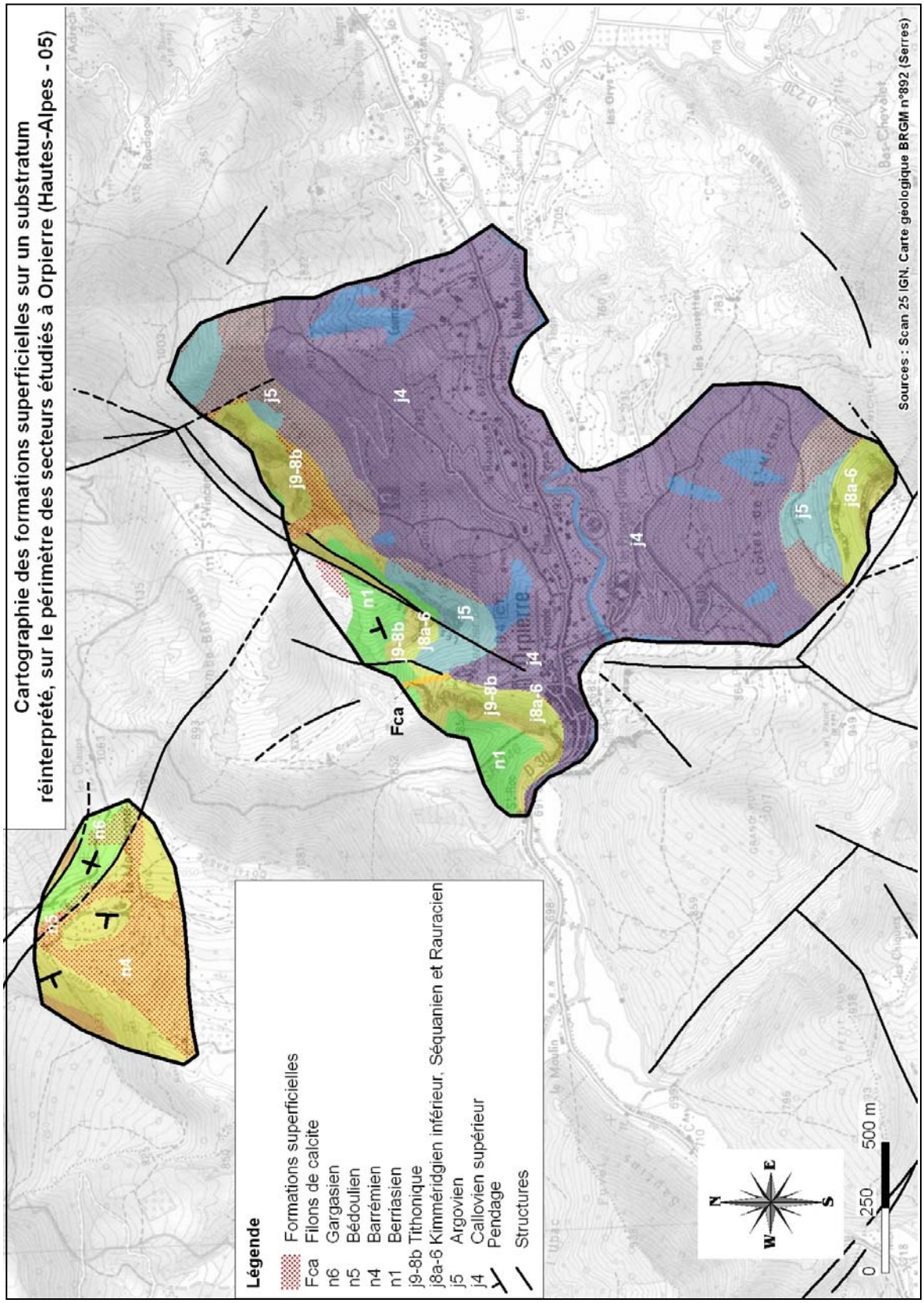


Illustration 17 : Carte du substratum réinterprété et des formations superficielles sur la commune d'Orpierre

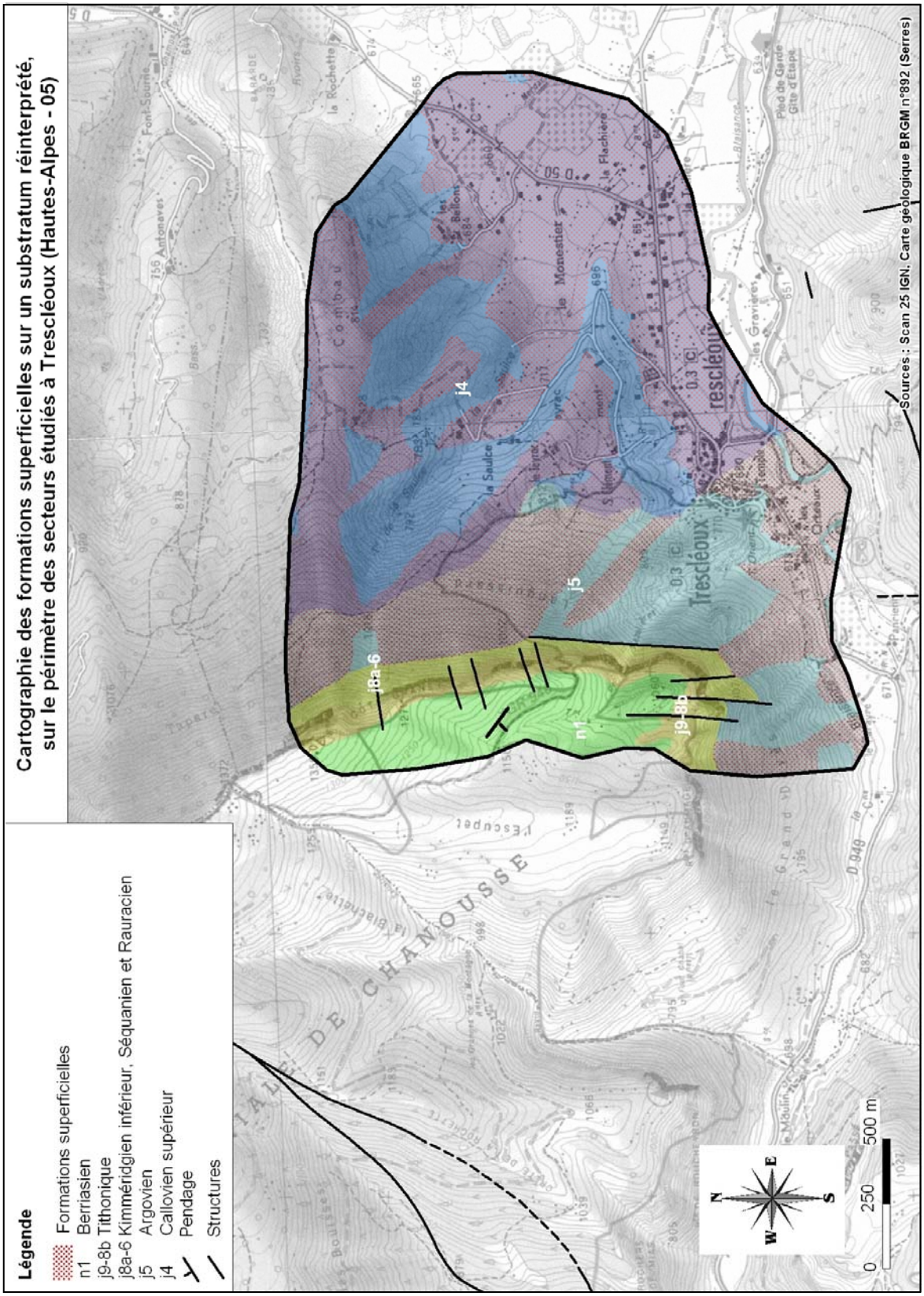


Illustration 18 : Carte du substratum réinterprété et des formations superficielles sur la commune de Trescléoux

3.3. CARACTERISATION LITHOLOGIQUE

La géologie concernant ici les secteurs étudiés d'Orpierre et Trescléoux évolue stratigraphiquement du Jurassique au Quaternaire en passant par le Crétacé. La lithologie est à dominante calcaire avec quelques niveaux marneux et argileux en alternance ou en formations à part entière.

L'Illustration 19 présente les différents faciès et leurs caractéristiques ainsi que des illustrations à la fois sur Orpierre et sur Trescléoux.

On notera l'importance des formations superficielles sur ce secteur, ainsi que la prépondérance des calcaires en falaise induisant la production de blocs.

Stratigraphie		Notation	Description	Commentaires sur Orpierre et Trescleoux	Illustration sur Orpierre (1)	Illustration sur Trescleoux (2)
FORMATIONS SUPERFICIELLES	QUATERNAIRE	**Ev**	Eboulis vifs	Les éboulis vifs ne présentent un développement notable que dans les massifs calcaires turoniens et sur leurs pourtours, ainsi qu'au pied des falaises Tithoniques, comme c'est le cas sur la falaise à Orpierre au dessus du Camping. Les éboulis vifs ne sont pas présents sur le secteur étudié de Trescléoux. (Illustration 1 : massif St Michel en amont du Camping).		/
		J	Cônes de déjection torrentiels	/	/	/
		E	Eboulis anciens et éluvions	Les éboulis anciens et éluvions comprennent des éboulis rocheux ou terreux, et des produits d'altération et de démantèlement. Ils couvrent 2 km² de surface étudiée sur Orpierre et 1,02 km² sur Trescéloux. Ils recouvrent l'ensemble des talus en pied de falaise. On y trouve également des blocs en épandage sur la pente, parfois volumineux (plusieurs m3) comme par exemple sur le secteur du Lotissement à Orpierre ou de Saint-Clément à Trescleoux. Ces blocs rocheux pouvent par ailleurs être remobilisés sous certaines conditions (Illustration 1 : éboulis et éluvions stabilisés en aval de la falaise de l'Adrech sur le secteur du Lotissement à Orpierre ; Illustration 2 : éboulis sur le talus de Languissard dans le secteur de Saint-Clément à Trescléoux).		
		Eb	Brèches de pente anciennes	Ces brèches marquent généralement le front d'éboulis anciens, on les retrouve localisées sur deux sites du secteur étudié à Trescléoux, au nord et à l'ouest du village.	/	/
		Ec	Ecroulements rocheux	Les écroulements rocheux sont particulièrement importants au pied de falaises tithoniques où ils se distinguent des éboulis consolidés normaux par de très fortes tailles de leurs éléments, notamment sur le secteur du Lotissement à Orpierre où les blocs atteignent des volumes importants (plusieurs dizaines de m3), Les secteurs étudiés à Trescléoux ne présentent pas d'écroulements rocheux significatifs (Illustration 1 : Bloc issu d'un écroulement rocheux dans le Tithonique de la falaise de l'Adrech sur le secteur du Lotissement).		/
		Fca	Filons de calcite de la région d'Orpierre et de Ste Colombe	Ces filons de calcite sont très localisés, notamment dans le fond du Vallon du Grand Béal au nord du Village d'Orpierre. Ils ont fait l'objet d'exploitation minière (gîte des Cougnasses)	/	/
		Fz1	Alluvions actuelles et récentes des fonds de vallées	Ces alluvions constituent le fond de la vallée du torrent du Céans, et dessinent une très basse terrasse (2 à 3 m).	/	/
		Fy1	"Haute terrasse fluviale (20-30m) de Buech, du bas-Céans et du Channe et glacis de raccordement; terrasse et glacis de la cuvette de Rosans"	Ces alluvions se retrouvent à l'extrêmité Est du secteur étudié.	/	/
		Fx2	Basse terrasse fluvio-glaciaire	Cette terrasse, largement développée sur la rive droite de la vallée du Buech présente une épaisseur de 30 à 40 m. Elle est formée d'éléments hétérométriques, mal classés et mal lités, très fortement cimentés dans les 10 à 15 m supérieurs, où dominent largement les galets calcaires d'origine régionale mais où s'observent aussi des éléments "alpins". A Trescléoux, cette formation est en fait un glacis prolongeant les témoins de cette terrasse sur les versants (Illustration 2 : Falaise en amont de Saint-Clément avec en pied des traces de glacis).	/	
		Fx1	Haute terrasse fluvio-glaciaire	Formation à éléments très hétérométriques, généralement non ou peu cimentés, comportant une proportion plus forte d'éléments "alpins", notamment de galets de quartzite. De même que pour la terrasse Fx2, les alluvions proprement dites de cette haute terrasse n'ont pas été distingués des glacis qui les prolongent sur les versants tels que celui de Trescléoux où l'on retrouve cette formation perchée au sud-ouest du torrent de la Saulce.	/	/
SUBSTRATUM	CRETACE	**n6**	Gargasien	Le Gargasien est représenté par des marnes bleues très semblables à celles de l'Albien, qui peuvent montrer la présence de grès. Nénamoins, ces grès sont absents du secteur de La Montagne à Orpierre où affleurent le Gargasien, et le Gargasien est également absent des secteurs étudiés de Trescléoux.		/
		n5	Bédoulien	Le Bédoulien est représenté par une allternance de bancs calcaires de 0,40 à 1 m d'épaisseur et de niveaux marneux de 0,10 à 0,30 m où s'observent, surtout à la base, de minces intercalations de calcaires organo-détritiques. Des glissements synsédimentaires ont assez fréquemment perturbé la régularité de la stratification. On peut l'observer sur le secteur de La Montagne à Orpierre mais il est inexistant sur les secteurs étudiés de Trescéloux.		/
		n4	Barrémien	Le Barrémien est principalement calcaire dans ses termes supérieurs. Localisé sur le secteur de la Montagne, il apparaît plus riche en niveaux marneux. Des figures de glissements synsédimentaires viennent fréquemment troubler la régularité des assises. On peut l'observer sur le secteur de La Montagne à Orpierre mais il est inexistant sur les secteurs étudiés de Trescéloux. Illustration 1 : Vue d'ensemble du secteur de La Montagne		/
		n1	Berriasien	Le Berriasien débute par des calcaires sublithographiques en gros bancs (0,4 à 2 m), à pâte très claire, n'admettant que de rares et très minces intercalations marno-calcaires, qui ne se distinguent pas morphologiquement du sommet de la barre tithonique. Au dessus, les intercalations marno-calcaires deviennent progressivement plus importantes, en même temps que diminue l'épaisseur des bancs calcaires, et au sommet de l'étage les calcaires et les marnes constituent des bancs d'égale épaisseur (0,10 à 0,20 m). La diminution d'épaisseur des bancs calcaires s'accompagne, dans la partie supérieure de l'étage, d'une augmentation de leur pourcentage en argile. Le Berriasien affleure au nord de la ligne de crête Jurassique, en contre-bas des secteurs du Village et du Lotissement d'Orpierre, il n'intervient donc pas dans les phénomènes mouvements de terrain étudiés en face sud des falaises. Sur Trescéloux, il affleure également sur le flanc Ouest de la crête de Languissard et n'a par conséquent pas été pris en compte dans l'analyse.	/	/
	JURASSIQUE	**j9-8b**	Tithonique (Portlandien et Kimméridgien supérieur)	Le Tithonique correspond à une puissante barre calcaire qui constitue le trait morphologique et structural dominant de tout le paysage. Les calcaires, à pâte sublithographique beige clair ou gris clair, sont généralement massifs ou en gros bancs. Cependant, lorsque le pendage vertical des strates favorise l'action de l'érosion différentielle, ils peuvent se présenter sous la forme de bancs durs, relativement peu épais, faisant saillie, séparés par des bancs plus tendres. Des niveaux de pseudoconglomérats intraformationnels apparaissent fréquemment vers le milieu et le sommet de l'étage. Le Tithonique forme sur Orpierre les crêtes du relief au dessus du Village, du Camping et du Lotissement. Sur Trescléoux, il forme également l'extrêmité du sommet de la crête de Languissard (Illustration 1 : Barre Tithonique de la falaise de l'Adrech, en amont du Lotissement ; Illustration 2 : Barre Tithonique surplombant le secteur de Saint-Clément et le talus de Languissard à Trescléoux).		
		j8a-6	Kimméridgien inférieur, Séquanien et Rauracien non séparés	Ces étages, non séparés sur la carte, correspondent à une alternance de calcaires à pâte fine, grise ou beige, en bancs généralement bien lités de 15 à 50 cm, et de marno-calcaires. A la base, qui correspond au Raurarcien supérieur et à la partie inférieure du Séquanien, les assises calcaires, plus sérrées et plus épaisses, déterminent une petite barre qui se distingue généralement bien en dessous du Séquanien et du Kimméridgien plus marneux. Cet étage est bien visible à Orpierre sur la falaise en amont du Camping, et il est reconnaissable sur la falaise du Village, au pied de la barre Tithonique. A Trescléoux, il constitue l'armature des falaises de Languissard à l'Est de Saint-Clément (Illustration 1 : Barres calcaires du Kimméridgien avec alternance de niveaux marneux sur la falaise Saint-Michel en amont du camping ; Illustration 2 : Détail de la falaise de Kimméridgien inférieur, Séquanien et rauracien sur l'Est de Trescléoux).		
		j5	Argovien (et base du Rauracien)	L'Argovien est représenté par des marnes gris foncé admettant des intercalations de calcaires marneux à pâte sombre et patiné jaunâtre ou rousse, se débittant en "frites", dont les bancs augmentent en nombre et en épaisseur vers le haut. Bien visible à Orpierre au pied de la barre calcaire de la falaise du Camping, elle se voit également à l'éxtrêmité ouest de la falaise du Lotissement, au dessus de la partie Est du village. A Trescléoux, l'Argovien est présent sur tout le talus en amont du village (Illustration 1 : Marnes grises de l'Argovien sur le talus de la falaise Saint-Michel en amont du Camping ; Illustration 2 : Marnes grises à passées calcaires de l'Argovien au dessus du village de Trescléoux).		
		j4	Callovien supérieur, Oxfordien (et base de l'Argovien)	Cet étage se subdivise lithologiquement en deux termes : un terme supérieur (env. 100 m), caractérisé par la présence au sein des marnes d'abondantes plaquettes de calcaire brun jaunâtre, de 2 à 10 cm d'épaisseur, qui déterminent dans le paysage de légers reliefs ; un terme inférieur marneux (env. 150 m) qui ne diffère à peu près pas, d'après son facies, de l'"Oxfordien" et du Bathonien supérieur. Cet étage affleure par endroits sur le talus au milieux des éboulis stabilisés et éluvions, et constitue par conséquent la base des reliefs d'Orpierre aujourd'hui ocultée par les formations superficielles. A Trescléoux, il occupe toute la partie Est du Village et forme des Badlands bienr econnaissables dans le relief (Illustration 1 : Vue d'ensemble de la montagne Saint-Michel avec localisation de spointements marneux du Callovien Supérieur - Oxfordien ; Illustration 2 : Badlands dans les marnes du Callovien supérieur, Oxfordien à Trescléoux).		

3.4. CARACTERISATION DES PHENOMENES

La typologie utilisée lors de la première étude de cartographie de l'aléa mouvements de terrain au 1/50 000 sur l'ensemble du bassin versant du Bas Buëch Laragnais a été en partie réutilisée dans la présente étude.

Elle concernait :

- les chutes de blocs et éboulements rocheux ;
- les glissements de terrain (glissements lents, fluages et glissements superficiels) ;
- les ravinements ;
- les effondrements de cavités souterraines et affaissements.

Les ravinements ont été décrits dans le même paragraphe que les glissements, en tant que mouvements de terrain déplaçant des matériaux meubles.

3.4.1. Chutes de blocs et éboulements

Les chutes de masses rocheuses sont des mouvements rapides, discontinus et brutaux résultant de l'action de la pesanteur et affectant des matériaux rigides et fracturés tels que des calcaires ou des grès, par exemple.

Ces chutes se produisant par basculement, rupture de pied, glissement banc sur banc, à partir des falaises, escarpements rocheux, formations meubles à blocs (moraines par exemple), ou de blocs provisoirement immobilisés sur une pente. Les volumes mis en jeu sont très variables.

Il s'agit parfois de mouvements dévastateurs voir meurtriers.

Sur notre secteur d'étude (Orpierre et Trescéloux), les chutes de blocs affectent différentes formations lithologiques selon différents mécanismes :

- le Callovien supérieur et Oxfordien (j4) de façon très réduites par la chute de quelques plaquettes calcaires au sein des marnes ;
- l'Argovien (j5) qui fait affleurer des barres calcaires déjà plus épaisses que les précédentes (jusqu'à 50 cm d'épaisseur), et dont le débit en « frites » et le pendage redressé (comme c'est le cas par exemple au dessus du village de Trescléoux) entraînent des chutes de pierres et blocs parfois de plusieurs dm^3 ;
- le Kimméridgien inférieur, Séquanien et Rauracien (j8a-6) représente une alternance de calcaires lités en bancs d'épaisseur régulière (15 à 50 cm), de fins lits de marnes entraînent des érosions différentielles et la mise en équilibre des bancs calcaires qui se déstabilisent de façon régulière pour donner des chutes de pierres voir de blocs dans le cas où l'épaisseur du banc est importante ;
- le Berriasien (n1) est lui aussi à l'origine de la production de blocs, mais il n'a pas été étudié du fait qu'il ne concernait pas directement les secteurs à enjeux étudiés ;

- le Barrémien (n4) et le Bédoulien (n5) affleurent principalement dans le secteur de la Montagne mais seuls les termes marneux sont représentés ;
- la formation appelée « Ecroulements rocheux » est directement issue du démantèlement des barres calcaires Ttithoniques et se retrouve sous la forme de blocs volumineux (plusieurs m^3) en épandage sur la pente en pied de falaise. Ces blocs sont néanmoins remobilisables en cas de forte sollicitation (érosion brutale des éluvions, séisme…) ;
- les brèches de pente anciennes sont a priori stabilisées mais peuvent néanmoins produire des blocs en cas de désolidarisation de certains par altération de la matrice ;
- la formation des éboulis anciens et éluvions a montré dans le paragraphe précédent qu'un grand nombre de blocs se désolidarisaient de la matrice constituée de produits d'altération et de démantèlement. De nombreux blocs sont d'ailleurs déjà stabilisés par des aménagements spécifiques de type ancrages, emmaillotages et boulonnage ;
- les éboulis vifs sont par définition non stabilisés et remobilisables en masse par forte sollicitation.

L'Illustration suivante présente quelques photographies d'événements ou d'indices de chutes de blocs sur les secteurs étudiés.

L'inventaire précédemment réalisé en Année 1 et enrichi par les observations de terrain de l'année 2 est présenté en annexe 2.

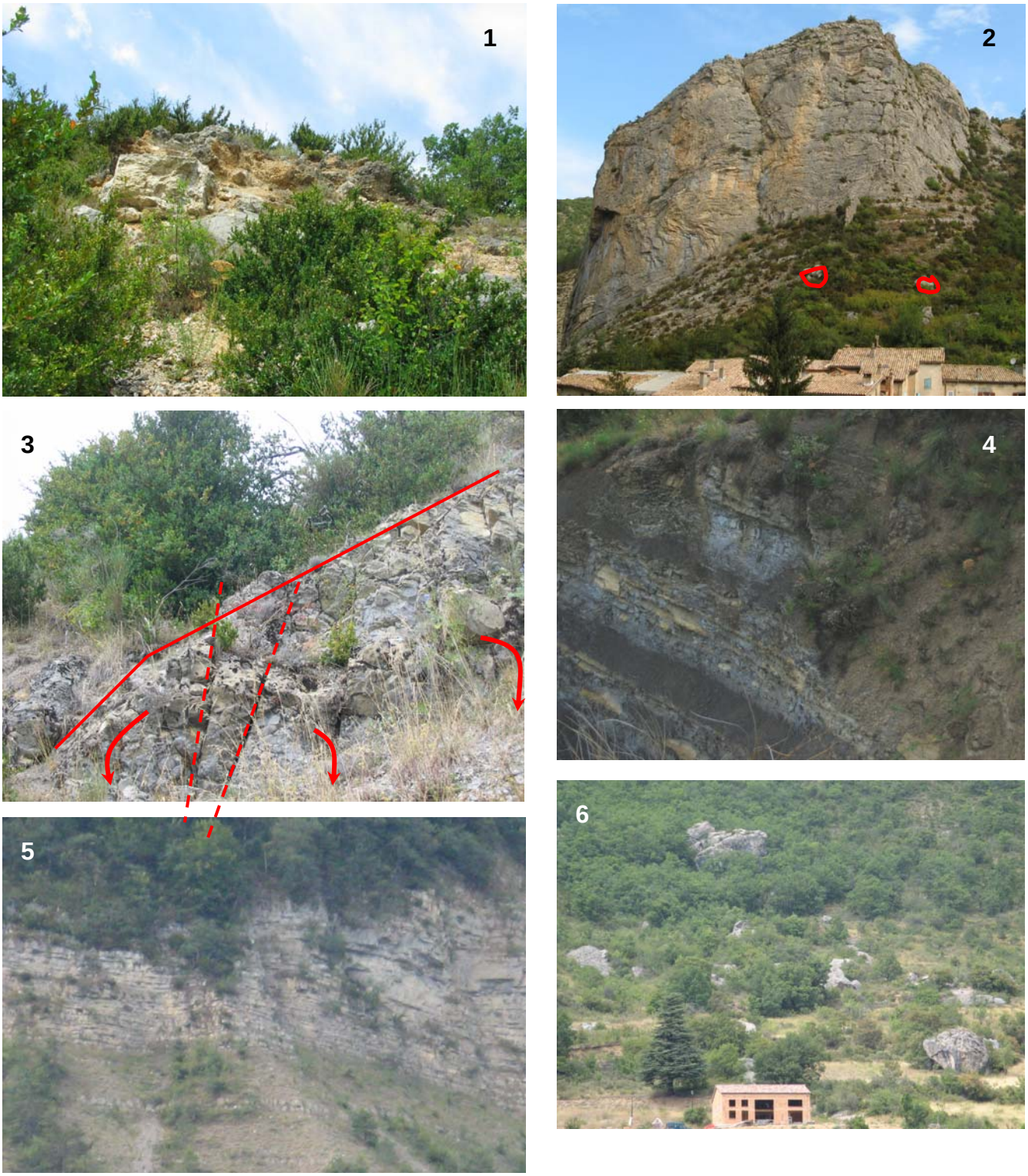


Illustration 20 : Chutes de blocs et éboulements sur les secteurs étudiés d'Orpierre et de Trescléoux (1 – Traces d'éboulement sur les éboulis stabilisés du Lotissement à Orpierre ; 2 – Falaise du village d'Orpierre montrant des blocs instables et éboulés en pied ; 3 – Affleurement instable de calcaires Argovien sur la falaise en amont du village de Trescléoux ; 4 – Chutes de pierres dans talweg à l'est du village de Trescléoux ; 5 – Chutes de blocs et de pierres dans le Kimméridgien de la falaise Saint-Miche en amont du Camping d'Orpierre ; 6 – Epandage de blocs sur le talus dans le secteur du futur lotissement à Orpierre).

3.4.2. Glissements de terrain et ravinements

Le glissement de terrain est un déplacement plus ou moins rapide (quelques millimètres par an à quelques mètres par jour) sur une pente et le long d'une surface de rupture (surface de cisaillement, surface de moindre résistance), d'une masse de matériaux meubles ou rocheux, de volume et d'épaisseur variables. La profondeur de la surface de glissement est variable, de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres, voire centaines de mètres pour certains glissements de versant.

Les glissements de terrain peuvent parfois être précédés ou suivis de phénomènes de fluage et/ou de coulées de boue.

- Le fluage est un glissement lent de matériaux plastiques sur faible pente qui résulte d'une déformation gravitaire continue de terrain non limitée par une surface de rupture clairement identifiée. Ce phénomène peut évoluer en glissement (formation d'une surface de rupture).

- La coulée boueuse est un mouvement rapide d'une masse de matériaux remaniés, à forte teneur en eau et de consistance plus ou moins visqueuse. Elle prend fréquemment naissance dans la partie aval d'un glissement de terrain ou lors d'une forte érosion des sols issue d'un ravinement. Il s'agit d'un phénomène répétitif. Les coulées se produisent généralement à la suite de conditions climatiques exceptionnelles (très forte pluviosité favorisant l'érosion et le glissement).

Il n'a pas été observé ni recensé de glissements de terrain conséquents sur le secteur d'étude, en dehors des phénomènes de ravinements couramment observés sur les flancs dénudés de marnes appelés Bad lands.

Nous avons mis l'accent sur nos observations dans le secteur de La Montagne à Orpierre (d'après les conseils de la mairie d'Orpierre), étant donné la vocation d'aménagement du site et compte tenu de la configuration morphologique de la plaine de la Montagne qui laisse présager la présence d'un glissement lent de type fluage (Illustration 21). Néanmoins, aucun indice flagrant de mouvement de terrain de type fluage n'a été observé sur le secteur. La présence d'éboulis anciens et éluvions (E) sur la formation du Barrémien (n4) structuré avec un pendage aval peut à la rigueur être la cause de légers déplacements de cette zone, située entre deux talwegs. Mais cela reste insuffisant pour conclure à l'existence d'un réel glissement de terrain sur le secteur. Des investigations plus précises seraient impératives en cas de réaménagement du site comme cela est prévu par la mairie d'Orpierre.

Les ravinements se produisant sur des Bad lands correspondent en général aux formations suivantes (Illustration 22) :

- les formations du Callovien supérieur, Oxfordien (j4) qui se subdivisent lithologiquement en deux termes distincts : un terme supérieur marneux à plaquettes calcaires, et un terme inférieur entièrement marneux ;

- l'Argovien et la base du Rauracien (j5) correspondent à des marnes gris foncé bien marquées dans lesquelles les ravinements sont fréquents et modèlent les talwegs en morphologies caractéristiques appelées Bad-lands.

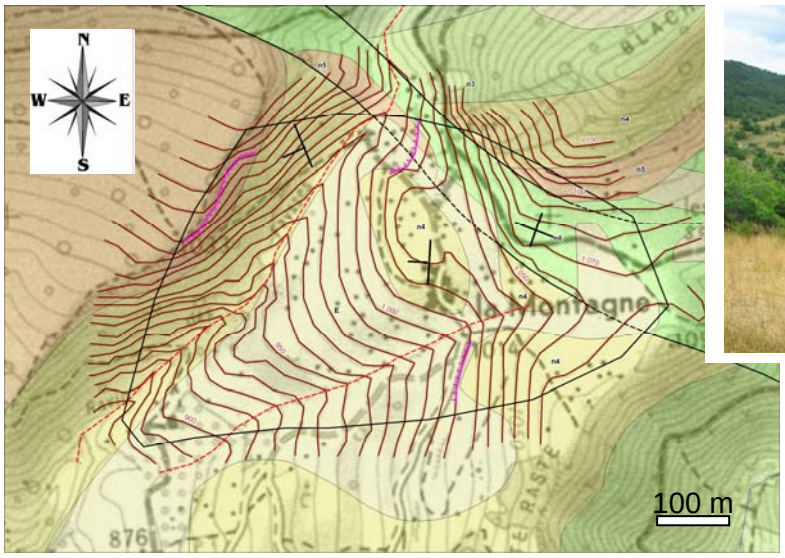


Illustration 21 : Carte des indices d'instabilités sur le secteur de La Montagne à Orpierre et illustration du site.

Illustration 22 : Morphologie de Bad lands dans les marnes du Callovien supérieur, Oxfordien sur la commune de Trescléoux, au niveau de Saint-Clément.

4. Caractérisation de l'aléa

Comme précisé en introduction du paragraphe 3.1. NOTION D'ALEA MOUVEMENTS DE TERRAIN, l'aléa a été pris en compte ici comme une acceptation qualitative pour caractériser un événement ayant plus ou moins de chances de se produire. Seule la probabilité d'apparition spatiale a été prise en compte. Elle est définie de la façon suivante :

- probabilité d'apparition faible à nulle (appelé sur les cartes ***aléa nul à faible***) : mouvement très localisé possible (échelle métrique à décamétrique) avec facteur déclenchant (activité anthropique, forte secousse sismique, événement pluviométrique exceptionnel) ;
- probabilité d'apparition faible (appelé sur les cartes ***aléa faible***) : mouvement très localisé possible (échelle décamétrique) ;
- probabilité d'apparition moyenne (appelé sur les cartes ***aléa moyen***) : mouvement localisé sur le versant (échelle décamétrique ou pluri décamétrique) ;
- probabilité d'apparition forte (appelé sur les cartes ***aléa fort***) : sur la majorité du versant, des mouvements (d'échelle décamétrique à hectométrique) sont susceptibles d'apparaître.

Dans cette étude ne seront analysés que l'aléa glissement de terrain et l'aléa chute de blocs, compte tenu des éléments inventoriés et du cadre budgetaire.

4.1. EVALUATION DE L'ALEA CHUTES DE BLOCS

4.1.1. Rappels sur le phénomène

Les chutes de blocs et éboulements rocheux consistent en la chute libre, ou en roulant au départ, après rupture, de blocs formés par fragmentation ; le mouvement peut ensuite se poursuivre par une série de rebonds et de roulements (dans le cas d'une pente régulière).

La chute de blocs ne concerne qu'un nombre réduit d'éléments, tandis que pour les éboulements, la masse déstabilisée est beaucoup plus volumineuse.

Il s'agit donc de phénomènes rapides ou événementiels mobilisant des blocs de roches plus ou moins homogènes depuis un sommet ou une pente, et produisant leur dépôt sur une aire plus ou moins large au pied de la pente.

Pour que ce phénomène puisse se produire, un certain nombre de conditions doivent être réunies, il s'agit :

- de l'existence de blocs au sein de la formation massive fracturée ou d'une formation hétérogène présentant une matrice meuble à grains fins,

- de facteurs favorables à la mobilisation des blocs (topographie en falaise ou existence de reliefs rocheux fracturés ou hétérogènes dominant les pentes ; orientation favorable des faces de blocs, présence éventuelle d'une formation sous-jacente plus meuble, déformable ou érodable ; action mécanique de l'eau (pression interstitielle).

L'ampleur du phénomène est liée d'une part à la quantité et au volume de blocs mobilisables, d'autre part à la surface et la topographie de l'aire de réception des blocs éboulés.

Le signe prémonitoire le plus important d'une déstabilisation de la masse rocheuse correspond à l'observation de fractures ouvertes dans la formation rocheuse à l'arrière d'une falaise ou d'une pente raide. La présence de blocs hétérométriques, épars ou concentrés en pied de falaise ou de forte pente, traduit l'existence d'éboulements ou de chutes de blocs actifs ou passés.

A partir des données de base collectées, la caractérisation de l'aléa chutes de blocs ou éboulements rocheux a été réalisée en trois phases successives :

- la définition des zones initiales de production de blocs, prises comme zones de départs préférentielles, et identifiées à dire d'expert sur le terrain à partir d'observations liées à la lithologie, la fracturation, et la morphologie de la falaise (Illustration 23).

- une évaluation des distances de propagation au moyen d'une approche numérique ;

- une finalisation par analyse qualitative.

Il est important de noter que dans l'approche utilisée dans le cadre de cette étude, la probabilité de départ d'un bloc sur l'ensemble des zones identifiées comme productrices, est équivalente en tout point de la zone.

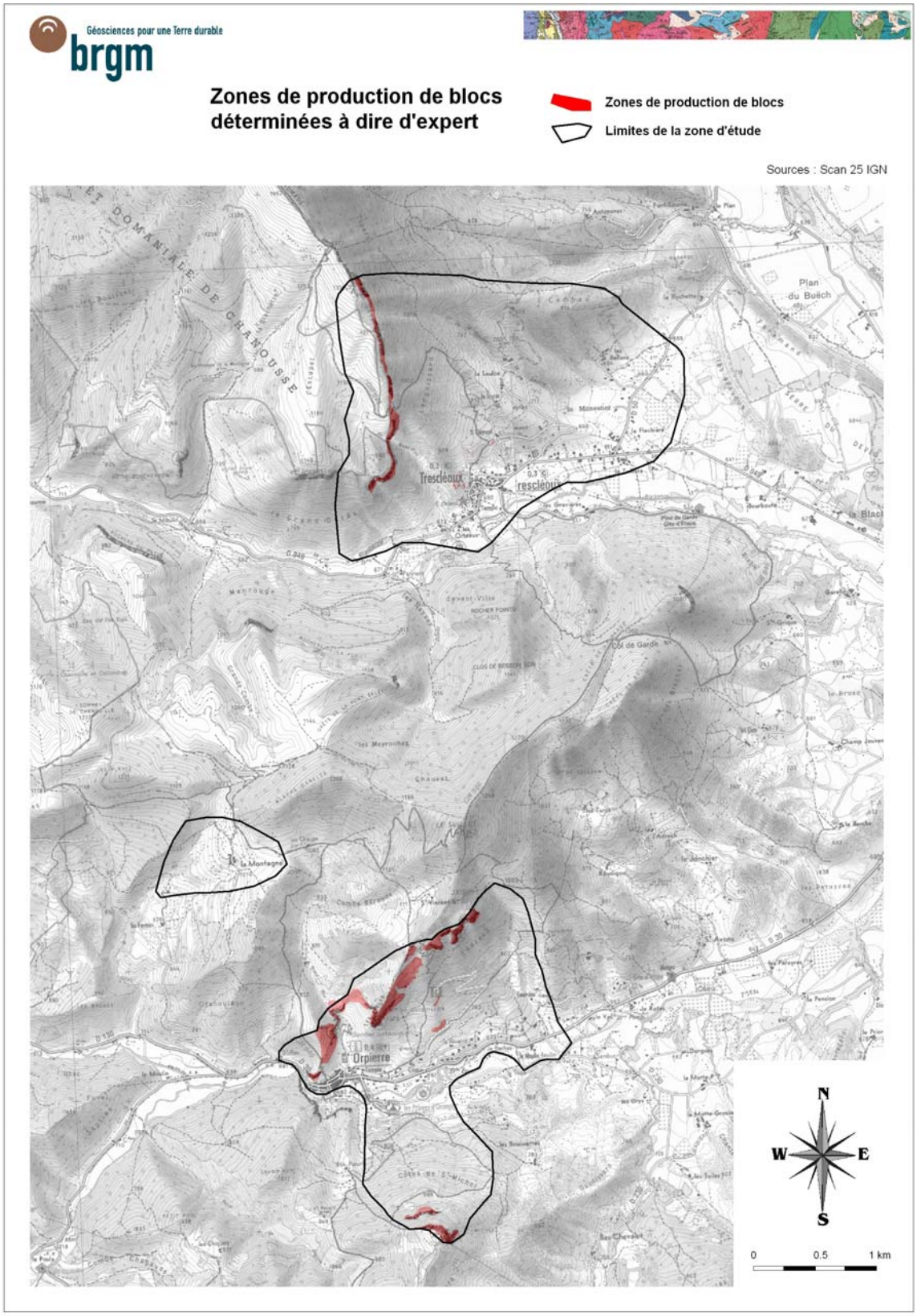


Illustration 23 : Cartographie des zones de production de blocs identifiées pour les analyses de propagation sur BORA et de trajectographie sur PIERRE-98

4.1.2. Approche numérique de la caractérisation de l'aléa chutes de blocs et éboulements rocheux

a) Utilisation du logiciel BORA

Au même titre que pour l'étude réalisée au 1/50 000, une approche numérique axée sur le l'utilisation du logiciel BORA comme outil d'aide à la cartographie a été menée. Elle permet une première évaluation de l'aléa induit par la propagation des blocs.

BORA est un logiciel développé par le BRGM (Sedan, 2002), il permet de représenter, en aval des zones de départ, les zones de propagation et d'arrivée les plus probables des masses instables.

BORA s'appuie sur quelques règles simples :

- une masse quelconque se déplace a priori sur la ligne de plus forte pente ;
- le gain ou la perte d'énergie de la masse en mouvement est principalement fonction de la valeur de la pente ;
- l'énergie de la masse est plafonnée ;
- il peut exister une certaine probabilité que la masse s'écarte de la ligne de plus grande pente ;
- cet écart peut, éventuellement, consommer de l'énergie.

Les données de base utilisées sont :

- MNT, pente des versants, exposition des versants (direction de la ligne de plus grande pente) ;
- zones de départ potentielles des phénomènes de mouvements de terrain (falaises par exemple dans le cas de chutes de blocs).

Les paramètres de calcul de l'aléa :

- la propagation d'un phénomène est déterminée par le calcul d'une « pseudo-énergie », notée E. Par simplification, on considère que E représente « l'intensité » d'un phénomène ;
- la variation de E dépend : de la valeur de la pente et des valeurs de six paramètres P1, P2, E1, E2, E3 et Edisp ;
- les paramètres P1 et P2 sont des seuils de pente (en degré) auxquels correspond un gain ou une perte en « pseudo-énergie » fixés par les valeurs de E1, E2 et E3 ;
- Edisp est une probabilité de dispersion latérale de l'énergie ;
- tant que la valeur de E est positive, le phénomène continue de se propager. Néanmoins, la pseudo-énergie E est bornée par une valeur Emax qu'elle ne peut dépasser pour éviter que le phénomène ne possède une trop grande énergie et que la distance de propagation ne soit ainsi trop longue.

C'est à partir des données morphologiques recueillies au préalable sur le terrain ou par photo interprétation que le géologue adapte les différents paramètres nécessaires au modèle. Ces paramètres varient en fonction du contexte géologique et morphologique (Illustration 24).

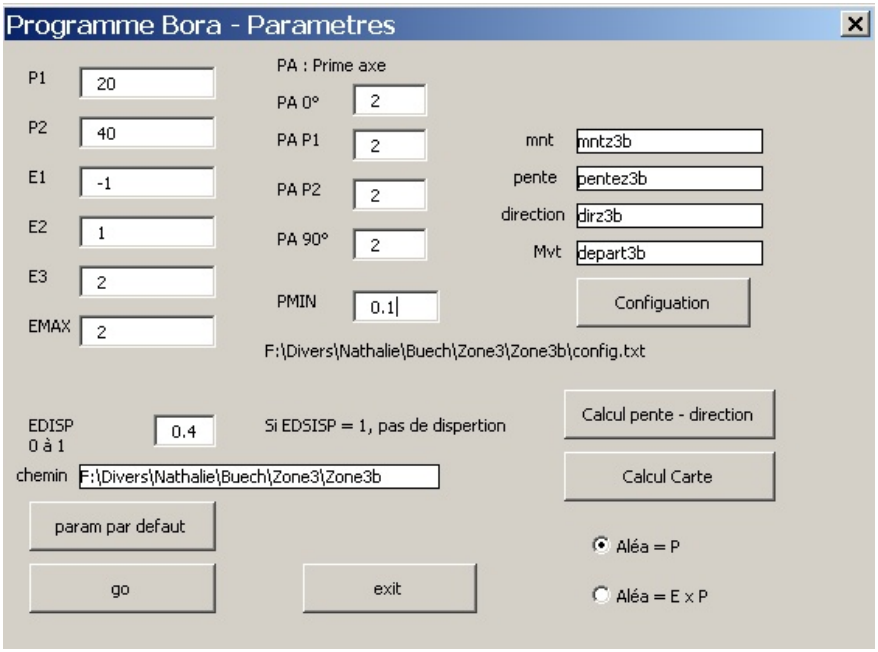


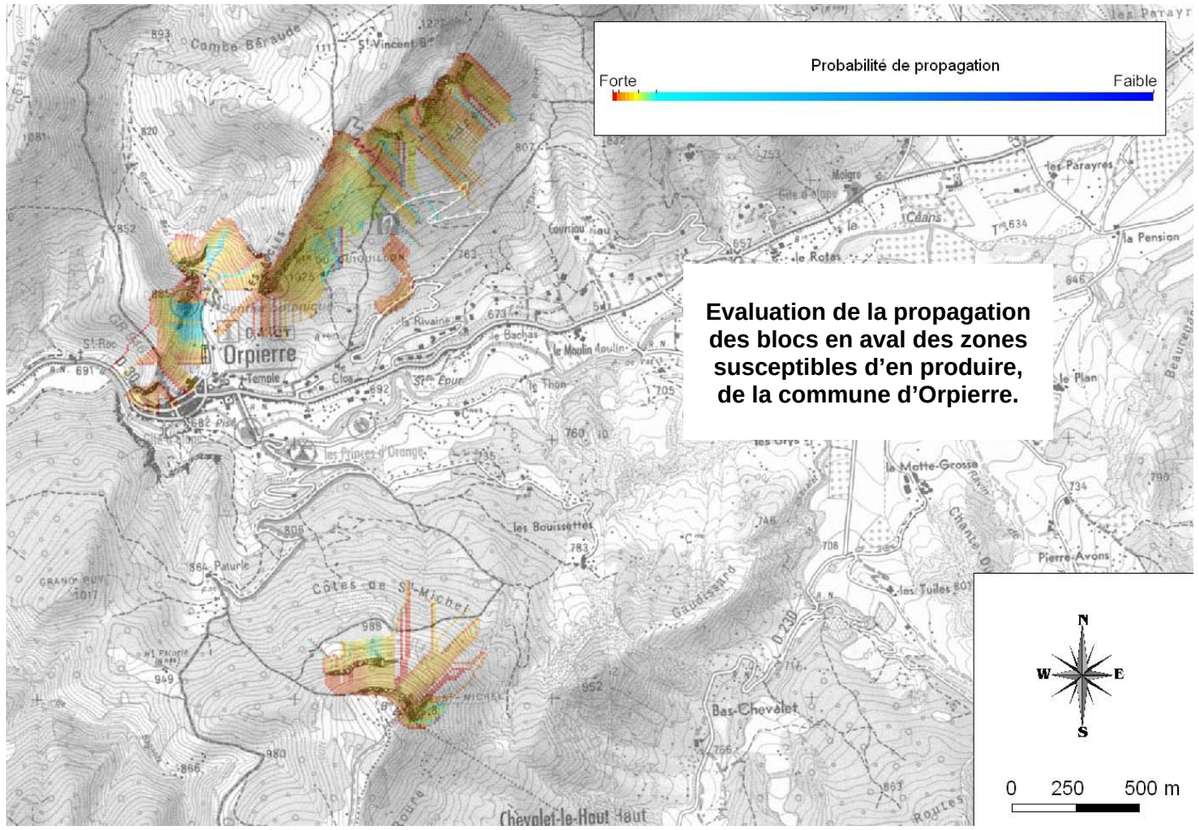
Illustration 24 : Paramètres retenus pour l'utilisation de BORA dans le contexte du Bas Buëch-Laragnais.

Ainsi sur le secteur d'étude, un certain nombre de sites ont été analysés à partir du logiciel BORA en termes de propagation de chutes de blocs, les résultats et l'identification des zones sensibles figurent dans l'illustration 25 page suivante.

IVème Contrat de Plan Etat Région "Risques naturels et nuisances - **Action :** Données, information, évaluation sur les risques naturels - "Cartographie des mouvements de terrain dans la vallée du Bas Buëch Laragnais – Hautes-Alpes (05). Phase 2 – Caractérisation de l'aléa mouvements de terrain au 1/25 000e sur les communes de Tréscleoux et Orpierre.

Analyses de propagation de blocs à l'aide du logiciel BORA

BORA est un logiciel développé par le BRGM, il permet de représenter, en aval des zones de départ, les zones de propagation et d'arrivée les plus probables des masses instables.

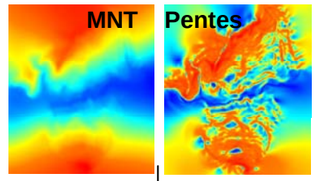


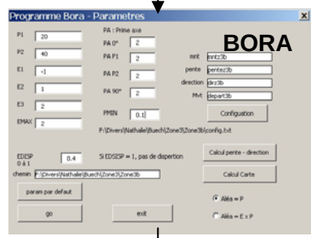
Sur la commune d'Orpierre, les évaluations à partir de Bora montrent quelques secteurs sur lesquels la propagation de blocs est fort probable s'il on estime que la zone de production concernée est active, on citera notamment :

- le secteur Ouest du village d'Orpierre ;
- le fond du vallon au nord du village ;
- l'extrémité Ouest des Ascles ;
- le talweg des Adrechs en amont du lotissement ;
- l'extrémité Est des Adrechs ;
- la partie avale Nord et Nord-Est de la colline St Michel.

Dans le secteur du lotissement, des zones de production ont été identifiées comme étant susceptibles de se remobiliser, et l'analyse par BORA donne une probabilité de propagation non négligeable jusqu'à la route du lotissement en contre bas.

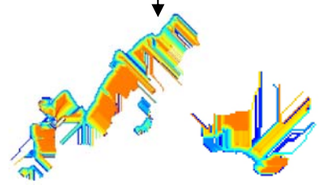
Commune d'ORPIERRE





Zone de production de blocs

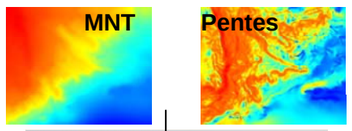
+



Résultats bruts :

- Village et Lotissement
- Camping

Commune de TRESCLEOUX



Zone de production de blocs

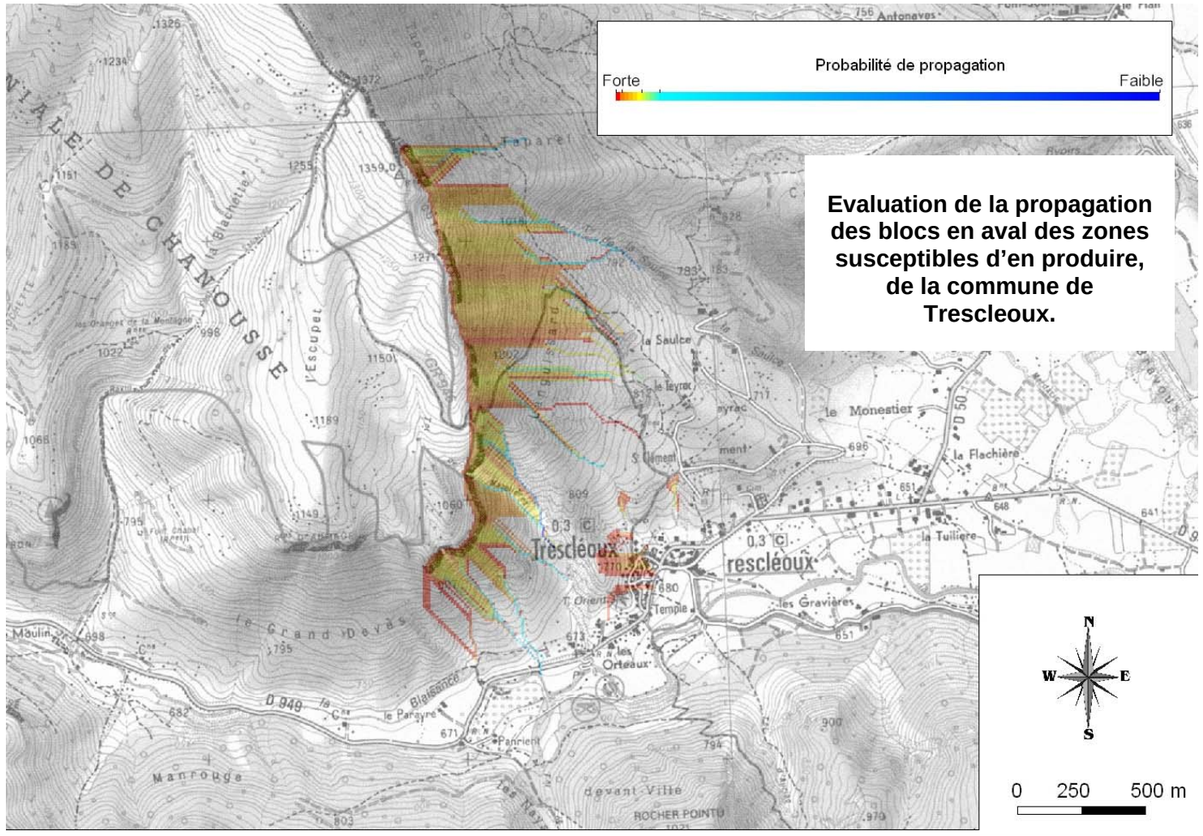
+

Résultats bruts :
- Village
- St Clément

Sur la commune de Trescleoux, les zones de production de blocs identifiées correspondent principalement à la crête d'Aumage, et au surplomb rocheux en amont du village.

Nous avons analysé les probabilités de propagation de ces blocs en direction des zones habitées du village :

- certains couloirs préférentiels ont été mis en évidence en aval de la crête d'Aumage mettant en évidence des secteurs où l'aléa chute de blocs pourrait être accentué ;
- au niveau du village, en cas d'activation des zones de production, notamment au niveau de la table d'orientation, les blocs déstabilisés pourront atteindre les zones urbanisées. Un filet ASM a déjà été installé par les services RTM en amont, et pourrait être prolongé sur quelques mètres vers le Nord pour protéger les maisons en aval du talweg de Languissard.



b) Utilisation du logiciel PIERRE-98

Le logiciel Pierre 98 est un logiciel de trajectographie permettant à partir de paramètres physiques, et d'un profil topographique d'évaluer les distances de propagation d'un bloc, et en particulier les caractéristiques de sa chute (hauteurs de rebonds, vitesses etc…). Les Illustrations 26 et 27 présentent les paramètres physiques retenus.

Ainsi sur le secteur d'étude, un certain nombre de sites ont été analysés à partir du logiciel PIERRE-98 en termes de trajectographie des blocs, les résultats figurent dans l'Illustration 28.

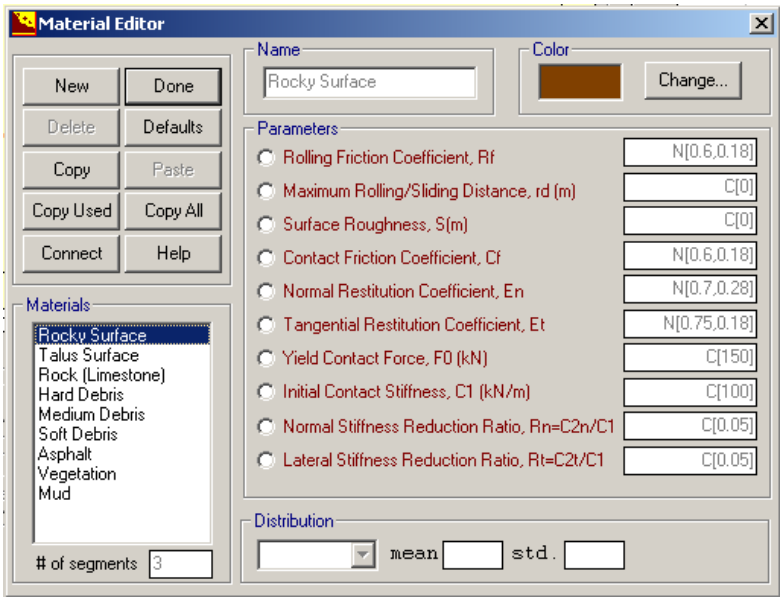


Illustration 26 : Paramètres retenus pour la zone rocheuse productrice de blocs.

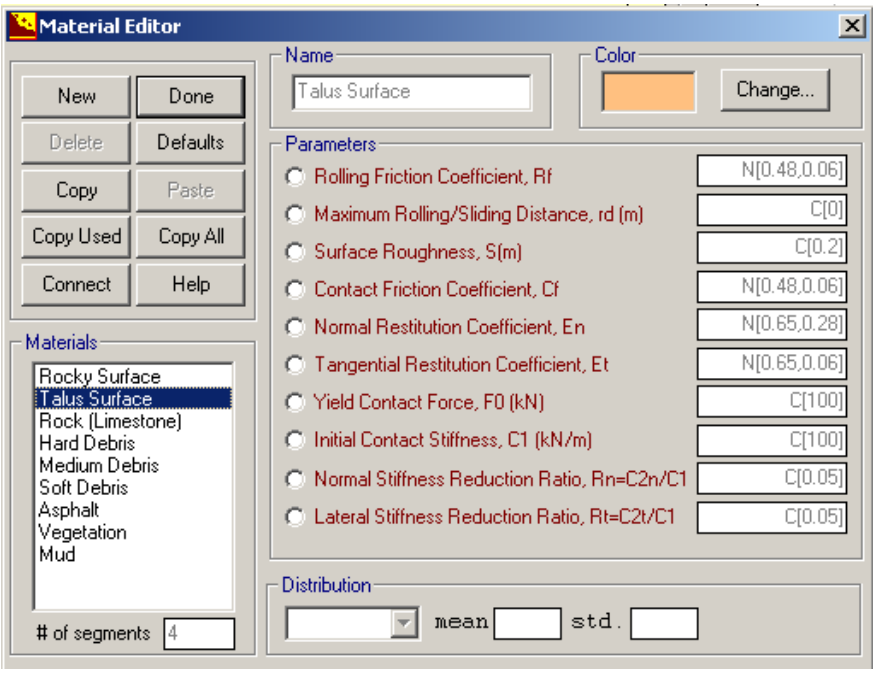


Illustration 27 : Paramètres retenus pour la zone de talus en pied de falaise.

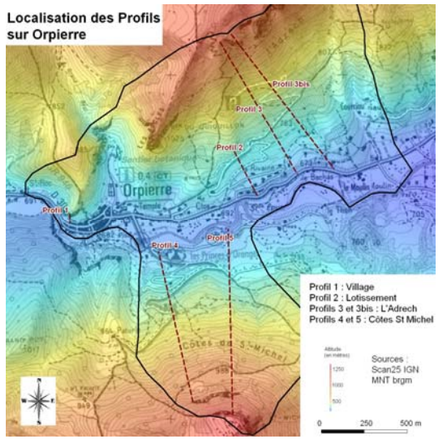
Les paramètres ont été calés à partir des observations faites sur le terrain, et en particulier sur les blocs déjà éboulés (volume, morphologie, lithologie). Les résultats obtenus donnent une bonne cohérence par rapport à ce qui a été observé en termes de distance.

Concernant les hauteurs de rebonds affichées, elles sont indicatives à ce stade de la simulation, et devront être précisées lors d'études de définitions.

IVème Contrat de Plan Etat Région "Risques naturels et nuisances - **Action :** Données, information, évaluation sur les risques naturels - "Cartographie des mouvements de terrain dans la vallée du Bas Buëch Laragnais – Hautes-Alpes (05). Phase 2 – Caractérisation de l'aléa mouvements de terrain au 1/25 000e sur les communes de Tréscleoux et Orpierre.

Analyses trajectographiques à l'aide du logiciel PIERRE 98

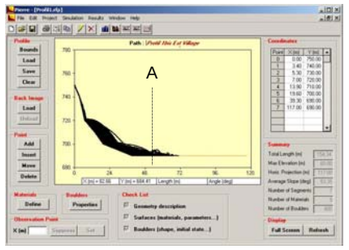
Commune d'ORPIERRE



Remarques :

Calculs de trajectographie sur 3 secteurs sensibles.
- Village : Probabilité d'avoir des blocs sur bâti + route non négligeable ;
- Lotissement : Possibilité d'arrivée de blocs sur route en amont lotissement, et également sur pistes du Haut-Adrech ;
- St Michel – Camping : Secteur Camping non concerné par les chutes de blocs en amont.

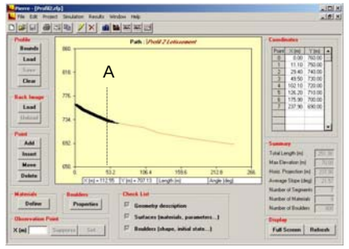
Profil 1



Point d'observation Profil 1 :
A – Urbanisation (bâti + route) à 50 m
Rebonds maximum à 16 m de hauteur

Profil 1

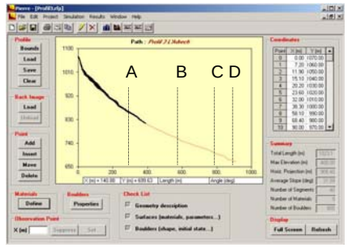
Profil 2



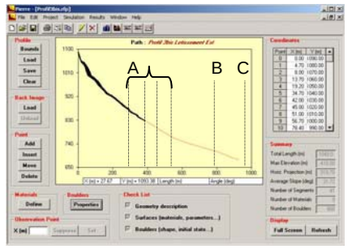
Point d'observation Profil 2 :
A – Route lotissement à 50 m
Rebonds maximum à 4.5 m de hauteur

Profils 2, 3 et 3bis

Profil 3

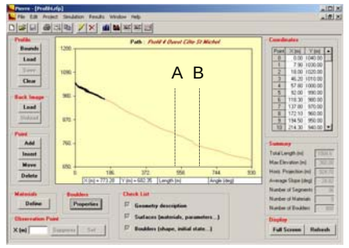


Profils 3bis



Profils 4 et 5

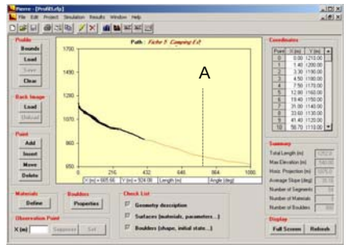
Profil 4



Points d'observation Profil 3 :
A - Piste à 315 m
B - Piste à 591 m
C - Bâtiment à 795 m
D - RD à 893 m
Rebonds maximums à 15 m de hauteur

Points d'observation Profil 3bis :
A - Pistes à 349, 419, 476 et 551 m
B - Zone urbanisée à 795 m
C - RD à 981 m
Rebonds maximums à 27 m de hauteur

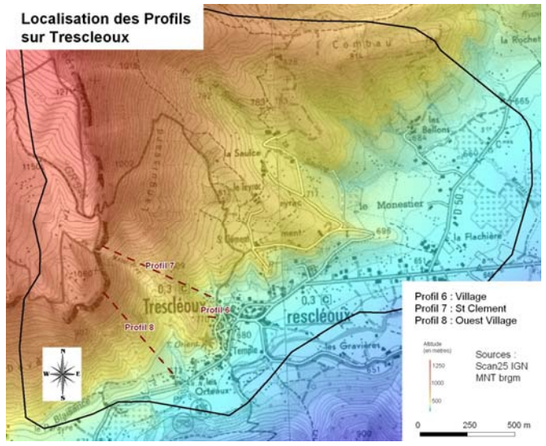
Profil 5



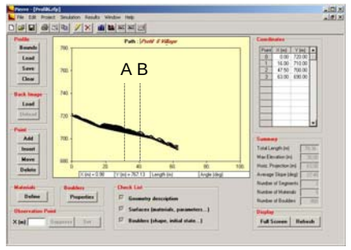
Points d'observation Profil 4 :
Piste : 540 m
Camping : 665 m
Rebonds maximums à 11 m de hauteur

Point d'observation Profil 5 :
Piste : 800 m
Rebonds maximums à 19 m de hauteur

Commune de TRESCLEOUX

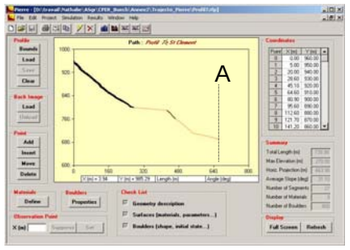


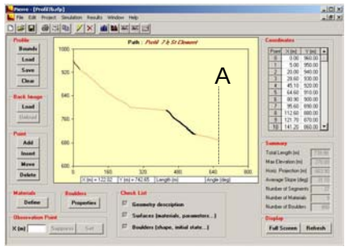
Profil 6



Point d'observation Profil 6 :
A – Filets de protection à 31 m
B – Habitations à 40 m
Rebonds maximum à 4.5 m de hauteur

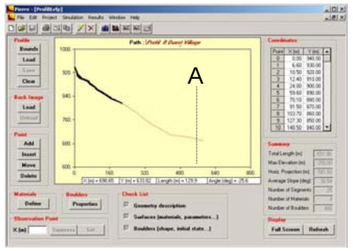
Profils 7a et 7b





Point d'observation Profil 7a et 7b :
A – Habitations à 660 m
Rebonds maximum à 8 m de hauteur pour le Profil 7a et 4.5 m pour le Profil 7b

Profil 8



Point d'observation Profil 8 :
A – Habitations à 580 m
Rebonds maximum à 10 m de hauteur

Profil 6

Profil 7

Remarques :

Calculs de trajectographie sur 3 secteurs sensibles.
- Village : Calcul trajectographique sans tenir compte des filets de protection en place, propagation des blocs jusqu'aux habitations ;
- St Clément : Calculs sur deux zones de départs différentes, les habitations ne sont pas atteintes par les blocs ;
- Village Ouest : Pas d'habitations touchées par les blocs

4.1.3. Approche qualitative de la caractérisation de l'aléa chutes de blocs et éboulements rocheux

A partir des observations faites sur le terrain, des analyses des photographies aériennes, des informations collectées et en tenant compte des résultats de l'aléa calculé numériquement, des éléments permettant à termes une cartographie de l'aléa au 1/25 000 ont pu être mis en évidence.

Ainsi, l'aléa cartographié tenant compte de l'analyse de propagation faite à l'aide du logiciel BORA est le résultat du croisement.

Les résultats sont présentés dans les Illustrations 30 et 31 en pages suivantes.

Les résultats cartographiques obtenus distinguent finalement cinq niveaux d'aléa éboulement (Illustration 29) : élevé, modéré, faible, nul à faible et à priori nul.

Niveau d'aléa CB	*Définition*	*Critères d'identitfication*
Elevé	Forte probabilité de chutes de blocs ou d'éboulements	_ Indices d'instabilités nombreux et reconnus : crevasses, fractures ouvertes - Falaises de hauteur supérieures à 10 m et découpage en blocs de la formation rocheuse susceptible de s'ébouler - Pente forte à très forte (sup à 30°), avec blocs épars déchaussés, posés sur le versant
Modéré	Probabilité d'éboulements faible à moyenne Moyenne probabilité de chutes de blocs	- Falaises de hauteur inférieure à 5 m, avec fractures ouvertes dans la zone de départ - Falaises de hauteur entre 5 et 10 m avec découpage en blocs de la formation rocheuse susceptible de s'ébouler - Falaise de hauteur supérieure à 10 m avec formation rocheuse homogène et peu fracturée - Pente moyenne (entre 10 et 30 °), avec blocs épars déchaussés, posés sur le versant, pouvant être déstabilisés en cas de sollicitation sismique
Faible	Destabilisation de blocs épars sur versant de pente moyenne (20 à 30°). Probabilité faible de propagation d'un bloc détaché d'une falaise jusqu'à cette zone.	- Secteur juxtaposé à une zone d'aléa modéré ou élevé - Pente moyenne à faible
Nul à faible	Probabilité nulle à faible de chutes de blocs ou d'éboulements	- Pente faible à nulle - Secteur éloigné d'une zone d'aléa élevé
A priori nul	Probabilité à priori nulle de chutes de blocs ou d'éboulements	- Pente nulle - Secteur en dehors de toute zone d'aléa éboulement ou chute de blocs

Illustration 29 : Définition et critères d'identification concernant les éboulements et chutes de blocs

Un travail de digitalisation des résultats cartographiques obtenus à l'aide du logiciel BORA a permis de lisser les contours des zones et d'affecter un niveau d'aléa chute de bloc à partir de l'analyse qualitative basée principalement sur de l'expertise sur des critères physiques (fracturation, pente, lithologie…) et des résultats de probabilités de propagation.

Les résultats issus de l'analyse PIERRE-98 ne sont qu'indicatifs et n'ont pas été intégrés dans l'analyse finale représentée sur les cartographies d'aléa.

Géosciences pour une Terre durable

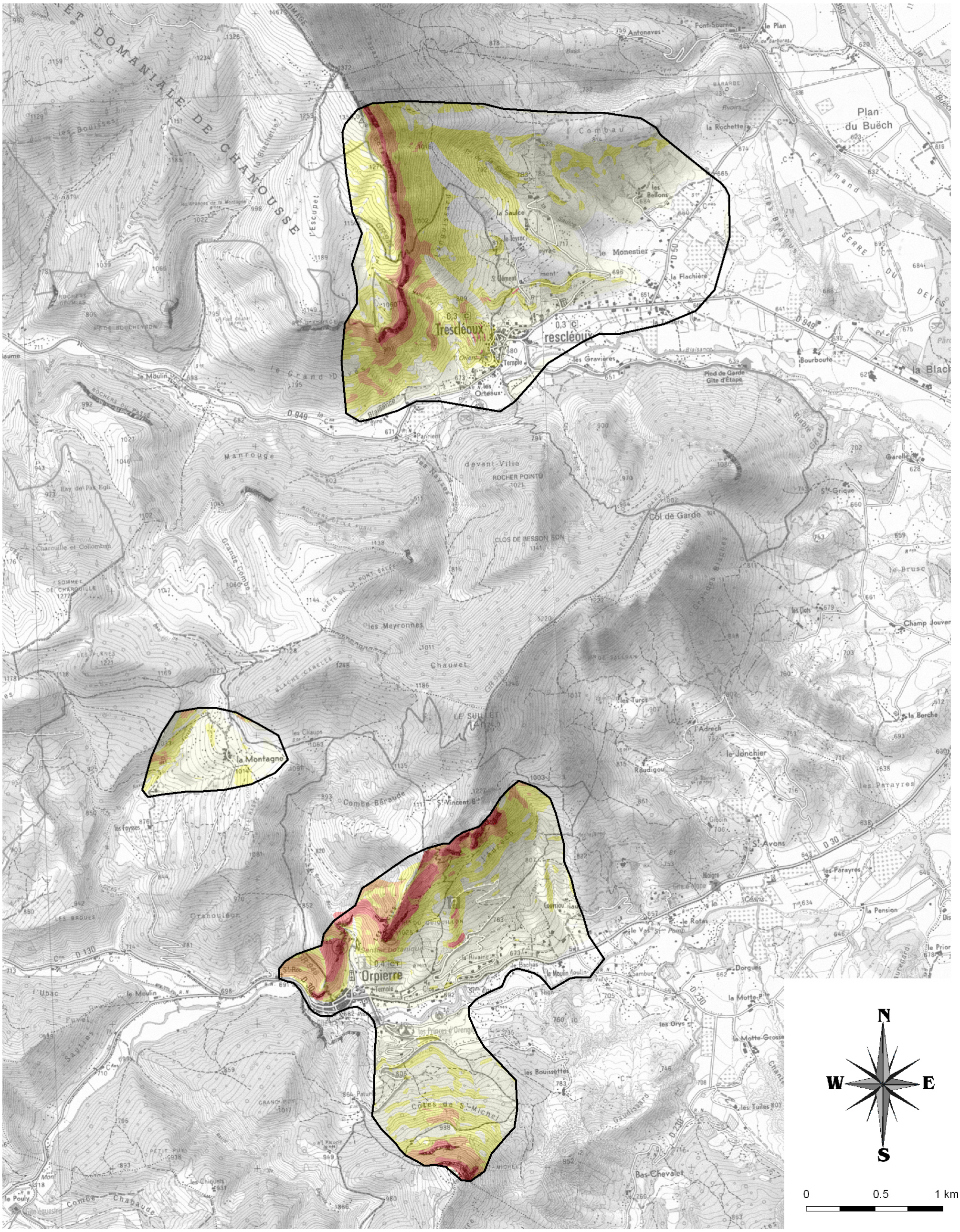
brgm

Carte d'aléa chutes de blocs et éboulements sur les communes d'Orpierre et Trescléoux, sans tenir compte de la propagation des blocs

Aléa chutes de blocs et éboulement

- Fort
- Modéré
- Faible
- Nul à faible
- A priori nul

Sources : Scan 25 IGN



Géosciences pour une Terre durable

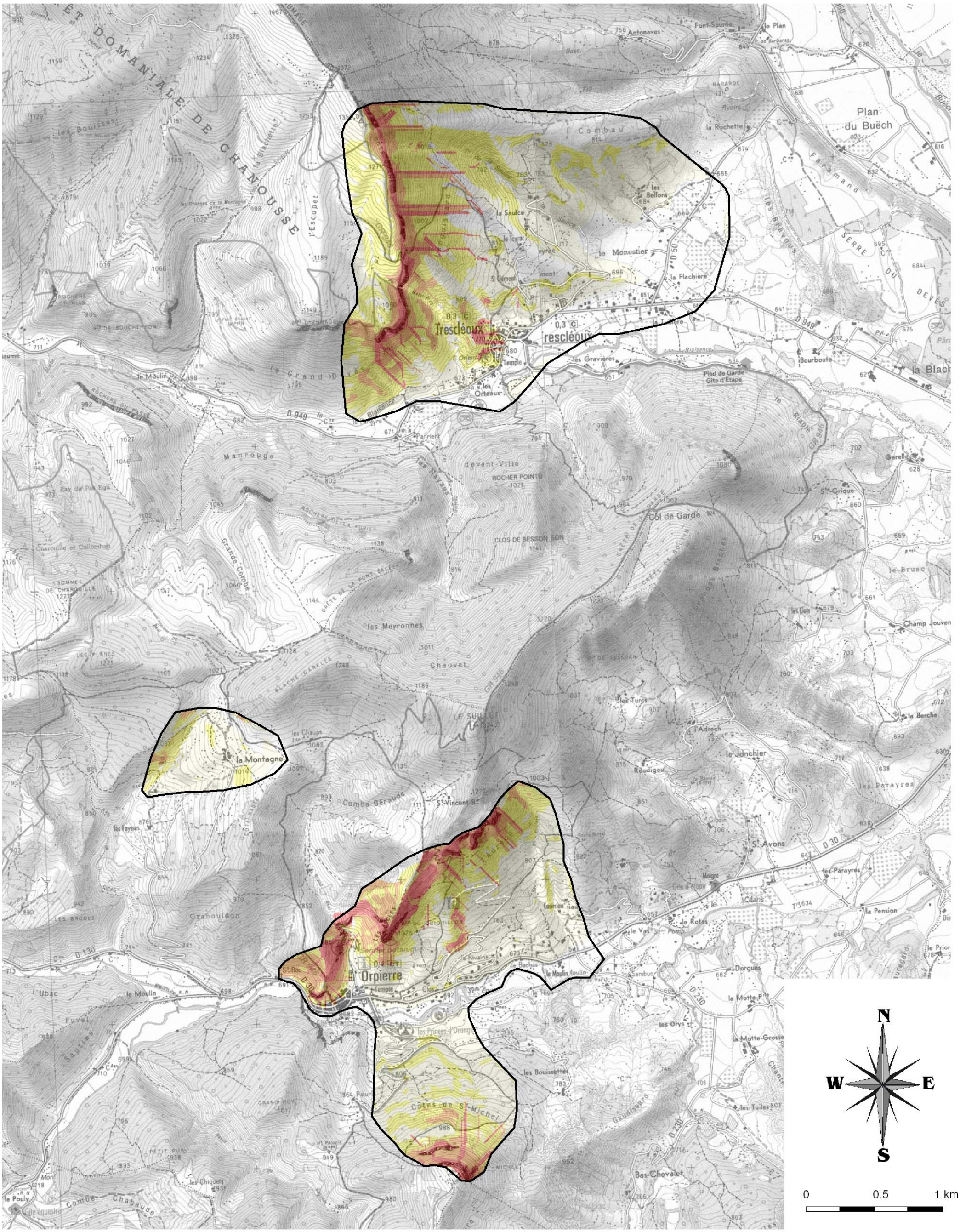
brgm

Carte d'aléa chutes de blocs et éboulements sur les communes d'Orpierre et Trescléoux, tenant compte de la propagation des blocs (simulations BORA)

Aléa chutes de blocs et éboulements

- Elevé
- Modéré
- Faible
- Nul à faible
- A priori nul

Sources : Scan 25 IGN



4.2. EVALUATION DE L'ALEA GLISSEMENT DE TERRAIN

4.2.1. Rappels sur le phénomène

Le phénomène de glissement de terrain est défini comme le déplacement d'une masse de terrains meubles ou rocheux au long d'une surface de rupture par cisaillement qui correspond souvent à une discontinuité préexistante. Le déséquilibre est engendré par l'action de la gravité ; il est le plus souvent déclenché par une modification des conditions aux limites (forces extérieures liées à des phénomènes hydrauliques ou sismiques par exemple).

Un glissement de terrain se caractérise :

- dans sa partie amont, par les niches d'arrachement ou crevasses principales et latérales avec brusque rupture de pente (pente concave) ;
- dans sa partie aval, par un bourrelet de pied (ou frontal) à pente convexe. La poussée exercée par le bourrelet de pied se marque fréquemment par un tracé anormal des cours d'eau en aval ;
- par une surface topographique bosselée (ondulations, dissémination de blocs de fortes tailles, …) ;
- par des manifestations telles que fissuration des bâtiments, arbres couchés ou inclinés, déformation du réseau routier traversant le glissement sont aussi des critères d'identification de mouvements actifs.

Selon le stade d'évolution du glissement, la désorganisation plus ou moins importante de la masse glissée et l'importance du couvert végétal peut rendre difficile la perception du glissement de terrain. C'est le cas notamment au lieu-dit La Montagne, au nord du village d'Orpierre.

Il n'est pas exclu que sur certains secteurs, en particulier pour le cas des ravinements, un phénomène glissement de terrain puisse évoluer en coulée. Les coulées boueuses consistent en la propagation de matériaux sans cohésion ou ayant perdu leur cohésion dès la mise en mouvement ; il s'agit de matériaux intimement mélangés à une quantité d'eau telle que la masse en mouvement a franchi sa limite de liquidité. Les matériaux susceptibles de perdre ainsi leur cohésion sont des argiles, des limons, des sols, des roches décomposées ou des éboulis fins. L'eau peut pénétrer au sein des matériaux par infiltration avant le déclenchement de la coulée ou au moment de la rupture par concentration des eaux de ruissellement. En aval, la coulée boueuse se concentre dans le fond des ravines.

Dans la pratique, les limites respectives des glissements de terrain et des coulées boueuses sont difficiles à définir au préalable.

A partir des données de base collectées, l'évaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain a été réalisée en deux phases : une première approche empirique, puis une finalisation des cartes par analyse qualitative.

4.2.2. Approche empirique

Les règles d'évaluation de la susceptibilité utilisées prennent en compte : l'épaisseur des formations superficielles, la nature du substratum, les structures des terrains, la pente des versants.

Concernant les trois premiers critères, des indices de susceptibilité aux glissements de terrain ont été affectés :

- **Formations superficielles, couverture :**

Le classement des formations superficielles selon leurs épaisseurs a été réalisé à partir des données fournies avec la carte géologique de SERRES, ainsi que des observations de terrain (Illustration 32). Il en résulte le classement suivant :

Peu épaisse : *valeur 1*
Moyennement épaisse : *valeur 2*
Epaisse : *valeur 3*

Indices moyennés sur l'ensemble des deux zones d'études en fonction de l'épaisseur de recouvrement.

Code lithologique	Age de la formation	Nature de la formation superficielle	Indice d'épaisseur
Ev	Quaternaire	Eboulis vifs	2
J		Cônes de déjection torrentiels	1
E		Eboulis stabilisés et éluvions	3
Eb		Brêches de pente consolidées	1
Ec		Ecroulements rocheux	1
Fz1		Alluvions actuelles et récentes de fonds de vallées	1
Fy1		Hautes terrasses fluviales du Buech	3
Fx2		Basses terrasses fluvio-glaciaires	3
Fx1		Hautes terrasses fluvio-glaciaires	2

Illustration 32 : Epaisseur de couverture des formations superficielles

- **Structure du substratum :**

La structure du substratum a permis de donner également une caractérisation à un certain nombre de formations à partir du classement suivant :

Horizontale : *valeur 0*
Anaclinale : *valeur 0*
Cataclinale : *valeur 3*
Verticale : *valeur 2*
Substratum très tectonisé : *valeur 3*

Seules les formations des zones de la Montagne et du massif St Michel ont bénéficié de cette caractérisation supplémentaire, du fait de leur structure cataclinale.

- **Nature du substratum :**

Une caractérisation des formations du substratum par rapport à la nature lithologique et à la sensibilité de celle-ci au déclenchement d'un glissement de terrain a été réalisée à partir des données fournies dans la carte géologique et des observations de terrain (Illustration 33).

Code lithologique	Age de la formation	Nature du substratum	Indice nature substratum
n6	Crétacé inférieur	Marne bleue	3
n5	Crétacé inférieur	Alternance calcaire et marne	2
n4	Crétacé inférieur	Calcaire	1
n1	Crétacé inférieur	Calcaire lithostratigraphique	1
j9-8b	Jurassique Supérieur	Calcaires massifs	0
j8a-6	Jurassique Supérieur	Calcaire en bancs et marno-calcaire	1
j5	Jurassique Supérieur	Calcaires marneux	1
j4	Jurassique Moyen et Supérieur	Marne et calcaire en plaquettes	2

Illustration 33 : Indices sur la nature du substratum

Afin d'évaluer une susceptibilité des terrains aux glissements de terrain, différentes règles de calculs ont été testées. Celle qui semble a priori le mieux se caler avec les cartes indicatives des phénomènes (observations factuelles) est de la forme :

[(indice « épaisseur formations sup. » x 2) + indice « nature du substratum »)] x pente

En tenant compte des limites présentées plus haut, il a également été tenu compte par endroit des valeurs relatives à la « structure du substratum », et cela selon la formule suivante :

[(indice « épaisseur formations sup. » x 2) + indice « nature du substratum » + indice « structure du substratum »)] x pente

4.2.3. Evaluation qualitative de l'aléa

A partir des observations faites sur le terrain, des analyses des photographies aériennes, des informations collectées et en tenant compte des résultats de l'aléa calculé numériquement, des éléments permettant à terme une cartographie de l'aléa au 1/25 000 ont pu être mis en évidence.

Les résultats sont présentés dans les Illustrations 35 et 36 en pages suivantes.

La présence de Bad lands a été utilisée comme indice supplémentaire à la probabilité d'apparition de ravinements pouvant évoluer en coulée de boue.

Les résultats cartographiques obtenus distinguent finalement cinq niveaux de susceptibilité aux glissements de terrain (Illustration 34) : élevé, modéré, faible, faible à nul et à priori nul.

Niveau d'aléa GL	*Définition*	*Critères d'identitfication*
Elevé	Forte probabilité de glissement de grande ampleur*	- Traces d'activité de glissement de grande ampleur - Pente forte à très forte (> 0 30)° - Terrain meuble, peu cohérent ou altération profonde des matériaux - Epaisseur importante de la couverture superficielle
Modéré	Faible à moyenne probabilité d'apparition de glissement de faible ampleur, pouvant devenir forte sous action anthropique (surcharge, route, terrassement) ou sollicitation sismique Faible à nulle probabilité d'apparition de glissements de grande ampleur	- Traces d'instabiltiés reconnues localement au niveau du versant - Pente moyenne (entre 20 et 30°) - Terrain meuble, peu cohérent et/ou altération profonde de matériaux - Epaisseur moyenne de la couverture superficielle
Faible	Probabilité faible d'apparition de glissements de terrain	- Pente faible - Terrains généralement rocheux - Faible épaisseur des formations superficielles
Nul à faible	Probabilité faible à nulle d'apparition de glissements de terrain	- Pente nulle à faible - Terrains rocheux - Faible épaisseur ou absence de formations superficielles
A priori nul	Probabilité à priori nulle d'apparition de glissements de terrain	- Pente nulle - Rocher - Absence de formation superficielle

* Mouvement de grande ampleur : mouvement profond, surface de rupture à une profondeur d'ordre pluridécamétrique, volume de la masse instable mesuré de plusieurs millions de m3

Illustration 34 : Définitions et critères d'identification concernant les glissements de terrain

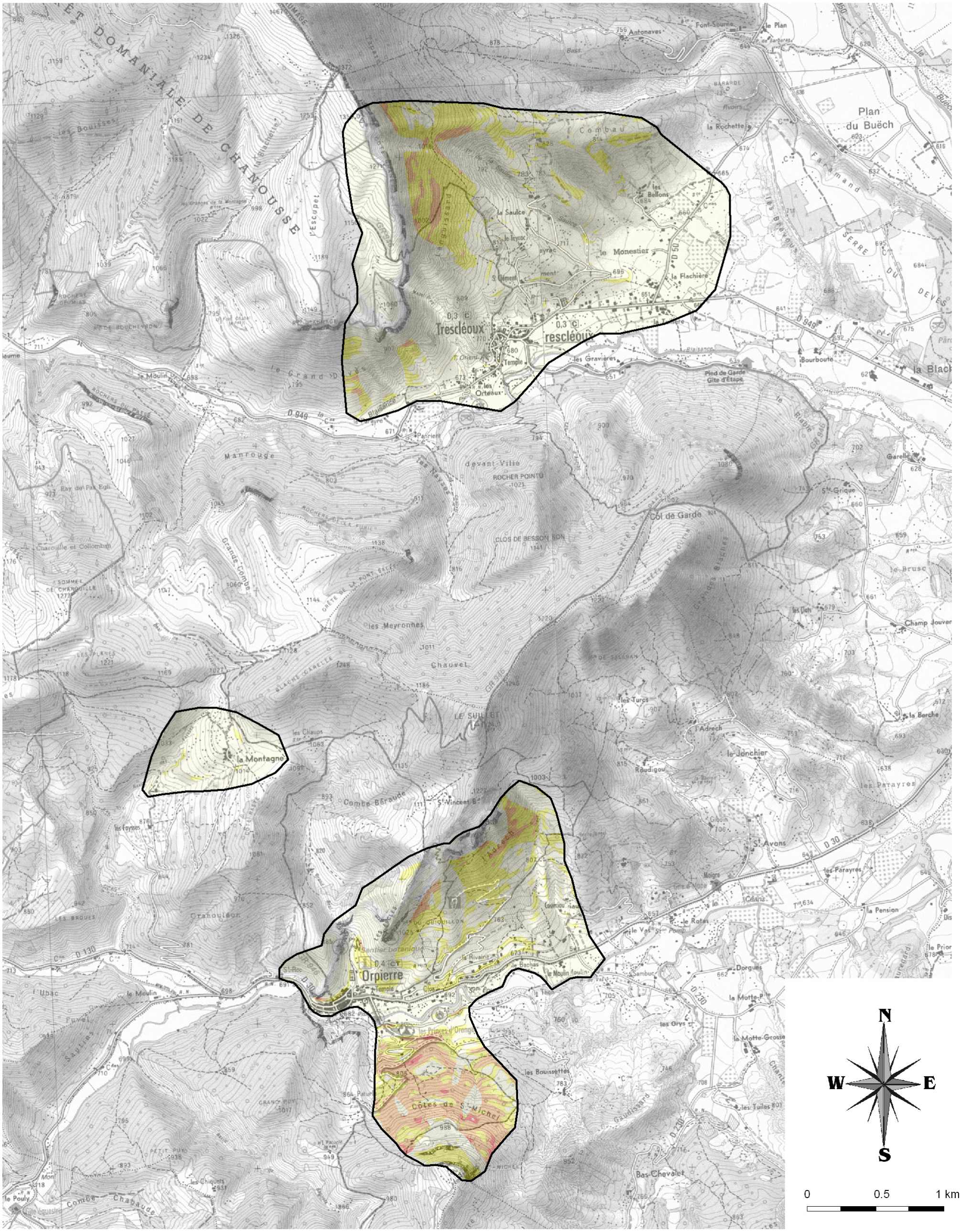
Géosciences pour une Terre durable
brgm

Carte d'aléa glissements de terrain sur les communes d'Orpierre et Trescléoux

Aléa glissements de terrain

- Fort
- Modéré
- Faible
- Nul à faible
- A priori nul

Sources : Scan 25 IGN



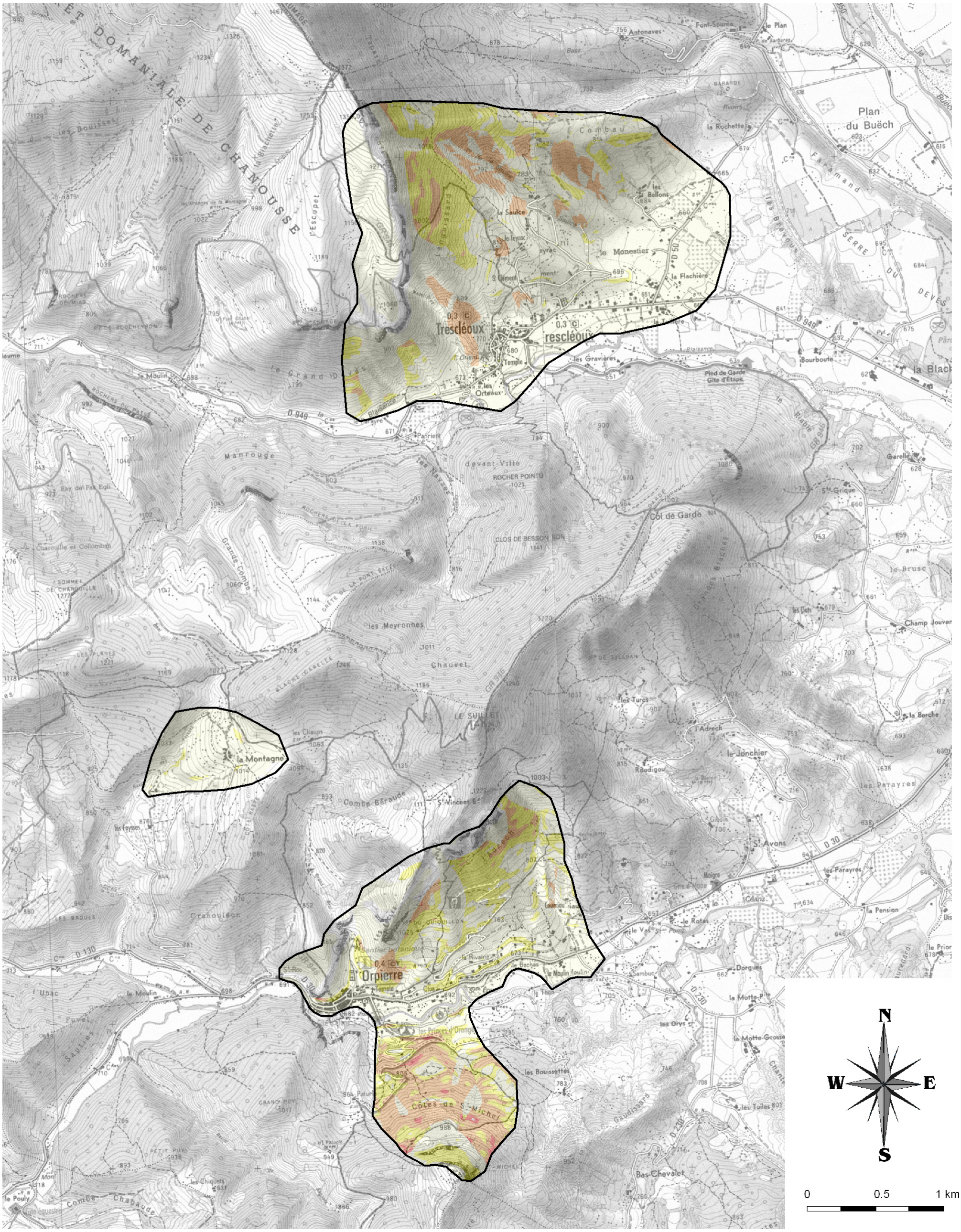
Géosciences pour une Terre durable
brgm

Carte d'aléa glissements de terrain sur les communes d'Orpierre et Trescléoux, y compris des ravinements sur Bad Lands

Aléa glissements de terrai

- Fort
- Modéré
- Faible
- Nul à faible
- A priori nul

Sources : Scan 25 IGN



5. Conclusion

La caractérisation de l'aléa au 1/25 000, sur quelques secteurs des communes d'Orpierre et Trescéloux dans le Bas-Buëch Laragnais, a mis en évidence un certain nombre de secteurs particulièrement sensibles en termes d'instabilités de type chutes de blocs, et qui ne disposent pas nécessairement d'aménagements. On citera notamment :

- la falaise du vieux village d'Orpierre qui peut être le siège de chutes de blocs ponctuelles pouvant exceptionnellement atteindre la route ainsi que la première rangée d'habitations ;

- la remobilisation possible de blocs fracturés, appartenant aux éboulis et éluvions dans le secteur du nouveau lotissement d'Orpierre ;

- la falaise en amont du village de Trescléoux qui possède déjà un filet dynamique qui pourrait être prolongé vers le nord sur quelques mètres afin de protéger les dernières maisons des blocs issus des affleurements en amont.

Rappelons également quelques recommandations purement indicatives concernant différents aspects de la gestion des risques qui avaient été proposées dans le cadre de l'étude sur le bassin de la Roya en 2003 et qui ont été légèrement modifiées (tableau page suivante).

Cette gestion consiste en fait à réduire les effets dommageables des phénomènes naturels dangereux. Plusieurs moyens sont en général mis en œuvre, souvent conjointement pour arriver à cette fin.

Il s'agit notamment de la prévision ; de l'information préventive ; de la planification adaptée de l'aménagement du territoire ; des règles de construction ; de l'élaboration de plans de secours et de la gestion de crise. Ces recommandations ne prétendent pas êtres exhaustives, ni apporter une solution à tous les problèmes. Concernant le phénomène de ravinement, celui-ci ne constitue pas un phénomène dangereux, sauf s'il est à l'origine d'une coulée boueuse. Dans ce cas, concernant l'aléa coulée boueuse, les recommandations proposées sont les mêmes que celles relatives aux phénomènes de glissements de terrain.

	Glissement de terrain		Chutes de blocs, éboulements	
	Aléa élevé	**Aléa modéré**	**Aléa élevé**	**Aléa modéré**
Prévision	**Bulletin d'information Météo France** en cas de fortes précipitations prévisibles. **Pas de prévision possible en cas de séisme** Pour les glissements déclarés : instrumentation du glissement : sondages, essais en laboratoire et in situ, inclinométrie, système d'alerte.	**Bulletin d'information Météo France** en cas de fortes précipitations prévisibles. **Pas de prévisions possibles en cas de séisme**	**Bulletin d'information Météo France** en cas de fortes précipitations prévisibles. **Pas de prévisions possibles en cas de séisme**	**Bulletin d'information Météo France** en cas de fortes précipitations prévisibles. **Pas de prévisions possibles en cas de séisme**
Information préventive	Uniquement description des phénomènes au niveau des **DCS ou PAC**. Recommandation d'ordre général en cas de glissement actif.	Description des phénomènes au niveau des **DCS, PAC**	Descriptiond e sphénomènes au niveau des **DCS/PAC**, **signalisation routière**	Description des phénomènes au niveau des **DCS/PAC**
Aménagement				
Zone d'agglomération (bâti et infrastructure existant)	**Microzonage à l'échelle de la zone (1/10 000 à 1/2 000)** Définition des moyens de stabilisation à mettre en œuvre dans les zones instables révélées par le microzonage. Choix politique, économique et social entre : a) la mise en oeuvre de ces moyens, b) la destruction du bâti et le relogement, c) "l'acceptation du risque".		**Etude de détail** Mise en place de **parades actives ou passives ou évacuation**	**Etude de détail** Mise en place de **parades actives ou passives**
Vocation à l'aménagement urbain	**Inconstructibilité ou déclassement** de la partie des zones NA (et U ?) située en aléa élevé.	**Microzonage** à l'échelle de la zone (1/10 000 à 1/2 000) Constructible et adaptation du zonage POS en fonction des résultats du microzonage		**Etude de détail à l'échelle du projet** Mise en place de parades actives et passices si nécessaire. **Inconstructibilité** de bâtiments d'habitation pour les zones situées sur de spentes moyennes présentant des fortes dénivelées (hectométriques).
Zone d'habitat dispersé	**Inconstructibilité ou déclassement** de la partie des zones NB située en aléa élevé, en zone NC ou ND.	**Constructible sous réserve** d'une étude spécifique au niveau de la parcelle : expertise géologue - géotechnicien.		
Règles de construction	Sans objet	Fondations chaînées sur terrain stable. Stabilisation éventuelle du talus amont. Drainage éventuel. Limitation de sinfiltrations.	Le renforcement et la limitation des ouvertures des murs amont peuvent être un des modes de parade passive intégré à la construction.	
Plan de secours	Très forte probabilité de coupures des routes. Prévoir des **itinéraires de contournement**		Très forte probabilité d'obstruction des routes. Prévoir des **moyens de déblaiement** et un **itinéraire de dégagement à titre préventif**.	Probabilité d'obstruction des routes, notamment en cas de sollicitation sismique des terrains. Prévoir des **moyens de déblaiement.**

6. Bibliographie

Banque de données du Sous-Sol (BRGM)

Base de Données Mouvements de terrain Nationale BRGM / LCPC / CETE : www.mouvementsdeterrain.net

Base de données RTM – Notice Générale – Sites et événements, ouvrages. Analyse et développement informatique (2004).

Documentation Française (1999) – Guide de réalisation des PPR mouvements de terrain.

Flandrin J., Dourthe P., Duffaud F., Stojcic B., Coustau H., Cousquer J., Bordenave M., Nyssen R., Gal P., Marty R., Delteil J., Zimmermann M., Plauchut B., Rivier F. (892) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000e), feuille Serres (893) Orléans : BRGM, 12 p.

LCPC (1994) – Guide technique « Surveillance des pentes instables ».

LCPC (1998) – Guide technique « Stabilisation des glissements de terrain ».

Marçot N., Sedan O. (2002) – IVème Contrat de Plan Etat Région « Risques Naturels et nuisances » Action : données, information, évaluation sur les risques naturels. Cartographie des mouvements de terrain dans la vallée de la Roya – Alpes-Maritimes (06) - Phase 1 : Inventaire des données, caractérisation préliminaire des événements en terme de typologie. Rapport BRGM/RP-51440-FR. 88p., 2 annexes, 3 tableaux, 23 figures.

Marçot N. avec la collaboration de C. Mirgon et B. Colas (2007) – IVème Contrat de Plan Etat Région" Risques naturels et nuisances - Action : Données, information, évaluation sur les risques naturels" Cartographie des mouvements de terrain dans la vallée du Bas Buëch - Laragnais – Hautes-Alpes (05) Phase 1 – Cartographie de l'aléa mouvements de terrain au 1/50 000e – Rapport BRGM RP-55184-FR. 90p., 59 illustrations, 4 annexe et 4 cartes hors texte.

Sedan O., Mirgon C., Bes de Berc S. (2006) – cartographie de l'aléa mouvements de terrain – Prose en compte de la propagation – Programme BORA – Rapport final. BRGM/RP-54650-FR, 166p., 145 ill., 6 annexes (volume séparé).

Terrier M., Marçot N., Sedan O. (2002) – IVème Contrat de Plan Etat Région PACA « Risques naturels et nuisances ». Bassin versant de la Roya (Alpes-Maritimes) : Cartographie de l'aléa mouvements de terrain, échelle 1/50 000e. Rapport BRGM/RP-51791-FR, 37p., 2 annexes.

Terrier M. avec la collaboration de Furic S. (2003) - IVème Contrat de Plan Etat Région PACA « Risques naturels et nuisances ». Bassin versant de la Roya (Alpes-Maritimes) : Cartographie de l'aléa mouvements de terrain, échelle 1/25 000e. Secteurs de Breil-sur-Roya, la Brigue, Fontan, Saorge, Tende. Rapport BRGM n° BRGM/RP-52513-FR, 103p., 6 annexes.

Annexe 1

Démarche utilisée pour la caractérisation de l'aléa mouvements de terrain au 1/25 000 sur le Bas-Buëch Laragnais

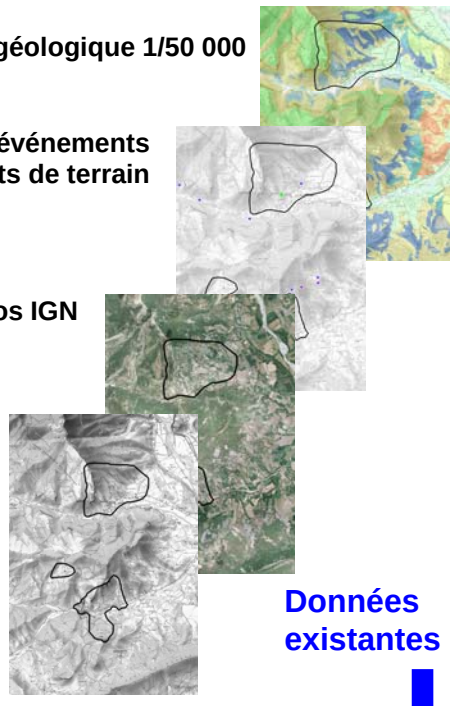
Démarche utilisée pour la caractérisation de l'aléa mouvements de terrain au 1/25 000 - Bassin du Bas-Buëch Laragnais (Hautes-Alpes - 05)

Carte géologique 1/50 000

Inventaire des événements mouvements de terrain

Orthophotos IGN

Scan25 IGN



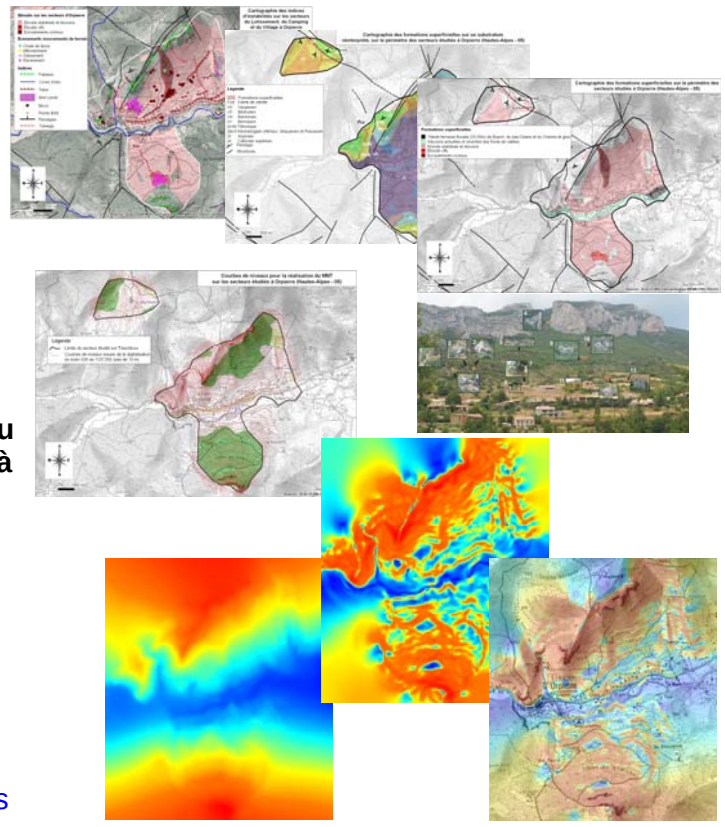
Données existantes

Observations factuelles :
Indications morphologiques, indices d'instabilités

Interprétations :
- épaisseur moyenne et nature des formations superficielles,
- nature du substratum,
- grands ensembles structuraux (comparaison pendage stratigraphique / pente)

Digitalisation des courbes de niveau à partir des cartes topographiques à 1/25 000
- Modèle numérique de terrain au pas de 20 m,
- Carte des pentes

Collecte d'informations complémentaires :
- observations du terrain, analyse des photographies aériennes,
- interprétation des données factuelles



Recueil des données de base

Par type de phénomène

a) Analyse des facteurs de prédisposition

b) Définition à priori des règles d'évaluation

c) selon le type de phénomène, traitement des données de base sous SIG

Première « synthèse qualitative » de l'aléa : exploitation des résultats de calculs et photo interprétation

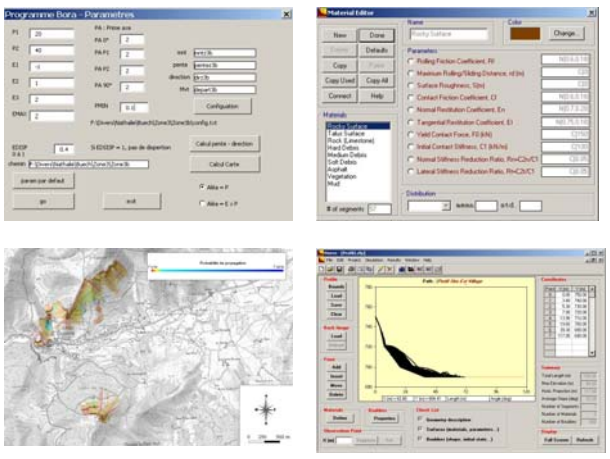
Chutes de blocs / éboulements

Evaluation de la susceptibilité par approche numérique

a) Utilisation du modèle empirique BORA,
b) Données en entrée : MNT, pente, exposition, falaise,
c) Calage des paramètres BORA en fonction des résultats du calcul comparés aux zones d'éboulis,
d) Utilisation du logiciel de trajectographie 2D Pierre 98

Puis, première synthèse de l'aléa basée sur :

– l'inventaire des phénomènes,
– les observations de terrain,
– l'analyse des photographies aériennes,
– les résultats des calculs de susceptibilité



Glissements de terrain

Evaluation de la susceptibilité par approche numérique

1/ pour certains facteurs déterminants retenus affectation d'une valeur de susceptibilité :
a) à chaque formation litho stratigraphique (référence aux valeurs affichées à l'échelle régionale du 1/50 000)
b) par grand ensemble de formations superficielles (principal critère d'homogénéité retenu : l'épaisseur)
c) par grand ensemble structural (comparaison du pendage stratigraphique du substratum avec la pente et l'orientation des versants)

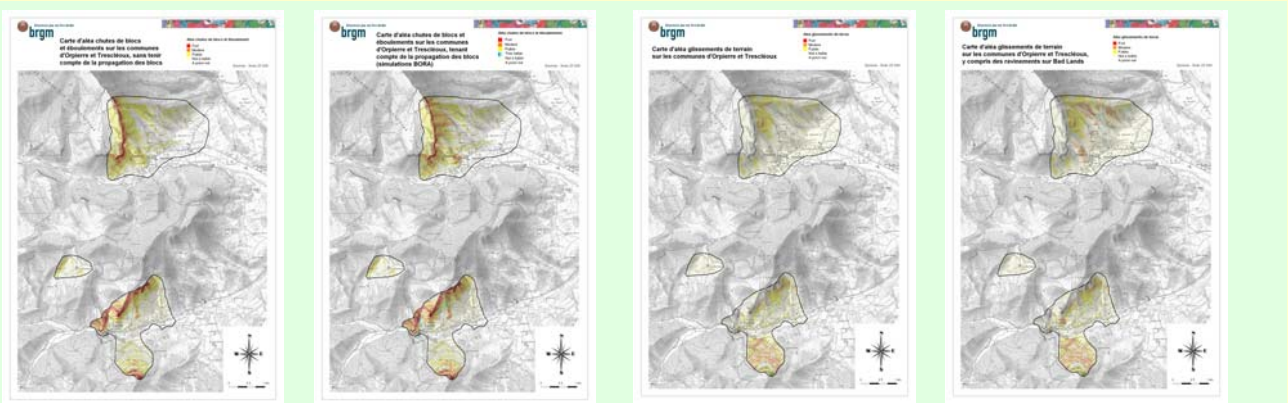
2/ Principe général de combinaison retenu :
(somme des valeurs de susceptibilité) x pente

Puis, première synthèse de l'aléa basée sur :

– l'inventaire des phénomènes,
– les observations de terrain,
– l'analyse des photographies aériennes,
– les résultats des calculs de susceptibilité

Vérification sur le terrain des interprétations

Finalisation des cartes d'aléa



Annexe 2

Inventaire des événements mouvements de terrain

FICHE 05-097-030

LOCALISATION

Commune : Orpierre

Localisation : Village Orpierre

N° INSEE : 05-097

Coordonnées (Lambert 2 étendu) :
X = 867 726,96 m
Y = 1 929 289,01 m

Autres informations :

Fond topographique IGN au 1/12 500

DESCRIPTION

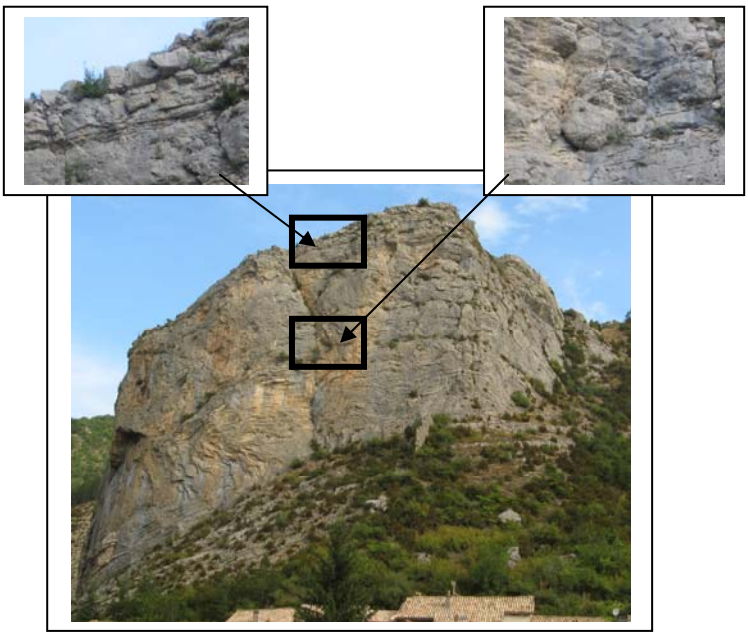
Type de glissement :
Chute de blocs

Géologie :

- lithostratigraphie : Calcaires lithographiques clairs (Tithonique)
- état de fracturation : Faible

Dimensions : Plusieurs dizaines de mètres

Autres informations :



Photographies du site

RISQUES

Enjeux proches : Habitations du village en aval

Travaux de confortement ou de protection : Aucun travaux de protection sur ce secteur, si ce n'est quelques purges ponctuelles

SOURCE

RTM 05 – Observations de terrain

LOCALISATION

Commune : Orpierre

Localisation : Falaise de l'Adrech

N° INSEE : 05-097

Coordonnées (Lambert 2 étendu) :
X = 867 726,96 m
Y = 1 929 289,01 m

Autres informations :

Fond topographique IGN au 1/12 500

DESCRIPTION

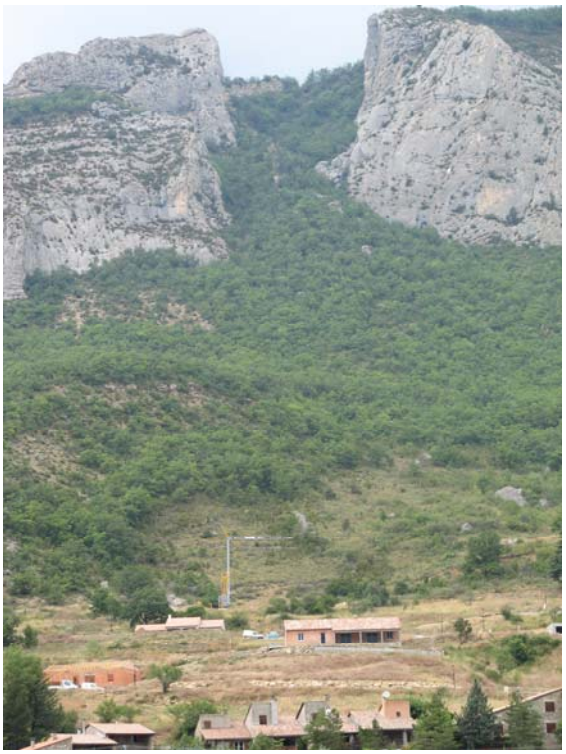
Type de glissement :
Chute de blocs

Géologie :

- <u>lithostratigraphie :</u> Calcaire Tithonique (Portlandien et Kimméridgien supérieur)
- <u>état de fracturation</u> :

Dimensions : Falaise à 1200 m

Autres informations : Ecroulement rocheux ancien signalé en tant que tel sur la carte géologique de Serres au 1/50 000 (BRGM)



Photographie du site

RISQUES

Enjeux proches : Voies d'escalades, Piste forestière et lotissement en construction en aval

Travaux de confortement ou de protection : Purges régulières dans le cadre d'une surveillance de l'état des voies d'escalade

SOURCE

Carte géologique – Observations de terrain

FICHE 05-172-115

LOCALISATION

Commune : Trescleoux

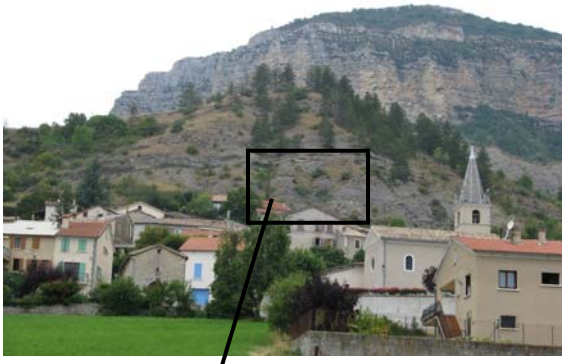
Localisation : Village

N° INSEE : 05-172

Coordonnées (Lambert 2 étendu) :
X = 868 818.3 m
Y = 1 933 905.4 m

Autres informations : Date de l'événement : 9 avril 2005 à 5h (parcelle 786)

Fond topographique IGN au 1/12 500



Photographies du site

DESCRIPTION

Type de glissement : Chute de blocs

Géologie :

- Lithostratigraphie : Marnes gris foncé et intercalations calcaires de l'Argovien (et base du Rauracien)
- état de fracturation : Fracturation importante donnant un débit en « frites » des barres calcaires

Autres informations : Pendage amont, mise en surplomb des barres calcaires, volume détaché lors de l'événement : environ 2 m^3 (une dizaine d'éléments issus de la fracturation)

RISQUES

Enjeux proches : Habitations du village de Trescleoux en aval

Travaux de confortement ou de protection : Ecrans dynamiques au dessus des habitations

SOURCE

Observations de terrain – Mairie de Trescléoux - RTM

LOCALISATION

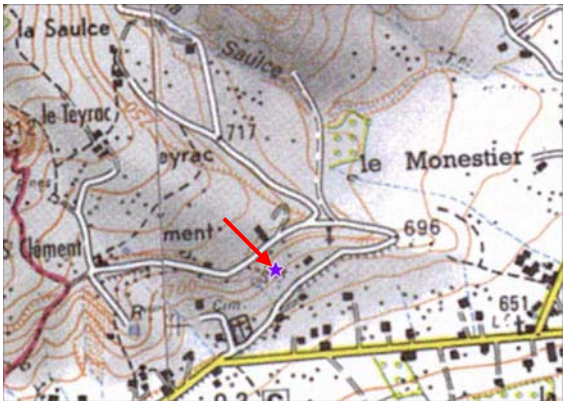
Commune : Trescleoux

Localisation : Village

N° INSEE : 05-172

Coordonnées (Lambert 2 étendu) :
X = 869 433.1 m
Y = 1 934 262.5 m

Autres informations :



Fond topographique IGN au 1/12 500

DESCRIPTION

Type de glissement : Glissement de terrain

Géologie :

- Lithostratigraphie : Marnes et plaquettes calcaires du Callovien supérieur, Oxfordien (et base de l'Argovien)
- état de fracturation : fines barres calcaires très fracturées

Autres informations :

RISQUES

Enjeux proches : Route communale et quelques habitations

Travaux de confortement ou de protection :

SOURCE

RTM

FICHE 05-172-180

LOCALISATION

Commune : Trescleoux

Localisation : Village

N° INSEE : 05-172

Coordonnées (Lambert 2 étendu) :
X = 868 839.1 m
Y = 1 934 013.3 m

Autres informations : Date de l'événement : avril 1998

Fond topographique IGN au 1/12 500

Photographie du site

DESCRIPTION

Type de glissement : Chute de blocs

Géologie :

- Lithostratigraphie : Marnes gris foncé et intercalations calcaires de l'Argovien (et base du Rauracien)
- état de fracturation : Fracturation importante donnant un débit en « frites » des barres calcaires

Autres informations : Pendage amont, mise en surplomb des barres calcaires, volume détaché lors de l'événement : environ 200 kg (100 litres approximativement)

RISQUES

Enjeux proches : Habitations au nord du village de Trescleoux en aval

Travaux de confortement ou de protection : Elargissement de la plate-forme supérieure à la base du couloir pour augmenter l'effet de piège à blocs, et réalisation d'un merlon de terre.

SOURCE

Observations de terrain – Mairie de Trescléoux - RTM

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Provence-Alpes-Côtes d'Azur
117, avenue de Luminy, BP 168
13 276 – Marseille cedex 09 - France
Tél. : 04 91 17 74 77