Document à accès différé

Méthodologie de caractérisation de l'aléa glissement de terrain dans le Sundgau dans le cadre d'un PPR sur le secteur d'Altkirch (68)

Rapport final

BRGM/RP-66662-FR
Février 2019

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET
DU HAUT-RHIN

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document à accès différé

Méthodologie de caractérisation de l'aléa glissement de terrain dans le Sundgau dans le cadre d'un PPR sur le secteur d'Altkirch (68)

Rapport final

BRGM/RP-66662-FR
Février 2019

Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 2016-RIS-20

L. Grabenstaetter
Avec la collaboration de
B. Troadec

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : Y. Thiery	Nom : K. Samyn
Fonction : Resp. Scientifique de Programme Délégué	Fonction : Directeur Régional Délégué Strasbourg
Date : 25/09/2017	Date : 18/02/2019
Signature :	Signature :

Le système de management de la qualité et de l'environnement est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.
Contact : qualite@brgm.fr

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
PRÉFET DU HAUT-RHIN

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Avertissement

Le tirage initial de ce rapport, en nombre fixé par convention, est diffusé à son commanditaire. Sa communicabilité ultérieure à des tiers est liée à la prise d'une décision administrative formelle à laquelle il concourt, conformément à la loi n° 78-753 du 17 Juillet 1978.

Passé ce délai, ce rapport devient communicable à tout tiers extérieur qui en ferait la demande ; le BRGM ne peut plus être tenu comme responsable de l'usage qui pourrait en être fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Mots-clés : Carte d'aléa, Glissements de terrain, Mouvement de terrain, Méthodologie, Plan de Prévention des Risques, Grand Est, Alsace, Haut-Rhin, Sundgau, Altkirch, Carspach, Hirsingue, Hirtzbach.

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

Grabenstaetter L. avec la collaboration de **Troadec B.** (2019) – Méthodologie de caractérisation de l'aléa glissement de terrain dans le Sundgau dans le cadre d'un PPR sur le secteur d'Altkirch (68). Rapport final. BRGM/RP-66662-FR, 34 p., 8 ill., 9 tabl., 1ann.

© BRGM, 2019, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Suite à l'occurrence de 2 glissements de terrains majeurs en 2006 et 2009, le préfet du Haut-Rhin a, fin 2015, prescrit la réalisation d'un Plan de Prévention des Risques Naturel - Mouvement de Terrain (PPRN Mvt) sur une partie de la commune d'Altkirch et des communes attenantes (Hirtzbach, Carspach, Aspach, Hirsingue). La première étape de la réalisation d'un PPRN Mvt est la réalisation de la carte d'aléa pour les mouvements de terrain. Suite à la réalisation de la carte d'aléa par le BRGM, le périmètre d'étude a été étendu à la quasi-totalité de la commune d'Altkirch et sur la partie urbanisée de la commune d'Hirsingue sur demande de la DDT 68[1]. Le présent rapport est une mise à jour du rapport édité en 2017 ; le précédent rapport devient caduque.

L'aléa est la probabilité d'occurrence spatiale et temporelle et de propagation d'un phénomène d'intensité donnée (Cruden et Fell, 1997 ; Fell *et al.,* 2005).

La probabilité d'occurrence définit la prédisposition du site à produire un évènement donné dans un délai retenu (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement - Ministère de l'Équipement des Transports et du Logement, 1999) ; l'intensité peut être évaluée en fonction de l'importance et de l'ordre de grandeur du coût des mesures qu'il pourrait être nécessaire de mettre en œuvre pour se prémunir de l'aléa (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'environnement – Ministère de l'Équipement des Transports et du Logement, 1999).

Une étude bibliographique, permettant de recenser les glissements de terrains passés sur un secteur d'étude élargi, a été menée. Elle a permis d'identifier et de décrire 43 glissements de terrains dont 7 sont situés directement dans la zone d'étude. L'étude de ces glissements de terrain va permettre de mettre en évidence les conditions dans lesquelles les mouvements de terrain se déclenchent. Parmi les caractéristiques étudiées, les pentes au sein desquelles les glissements de terrain prennent naissances vont être étudiées, afin de qualifier la cohérence des seuils de pente utilisés lors de la réalisation (en 2000) d'un PPRN Mvt (Audru & Messin, BRGM/RP-50292-FR, 2000) sur la vallée voisine de la Largue qui présente des formations géologiques identiques.

Suite à l'identification des seuils de pente, qui seront utilisés pour réaliser la carte de susceptibilité, l'intensité des mouvements de terrain de référence, pour chaque ensemble de formations géologiques, observés sur la zone d'étude, a été établie. Ainsi, par le croisement de la probabilité d'occurrence et de l'intensité, une matrice de caractérisation de l'aléa est proposée.

Afin de tenir compte de facteurs aggravants augmentant la probabilité d'occurrence de glissements de terrain sur le site, une seconde matrice fondée sur une incrémentation locale est établie. Cette dernière sera utilisée au besoin lorsque l'expert jugera que la probabilité locale est aggravée de manière significative.

[1] DDT 68 : Direction Départementale des Territoires du Haut-Rhin

Sommaire

1. Contexte du secteur d'étude 7

1.1. CONTEXTE GÉOMORPHOLOGIQUE ET TECTONIQUE 7

1.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE 8
1.2.1. Formations du substratum 9
1.2.2. Formations superficielles 10

1.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE 11

1.4. CONTEXTE CLIMATIQUE 12

2. Élaboration de la matrice de caractérisation de l'aléa 13

2.1. DÉFINITION DE L'ALÉA 13

2.2. ÉTUDES PASSÉES À PROXIMITÉ DU SECTEUR D'ÉTUDE 13

2.3. CARACTÉRISATION DE LA SUSCEPTIBILITÉ 14
2.3.1. Historicité des mouvements de terrain sur le secteur d'étude 14
2.3.2. Définition des classes de pente de la matrice de susceptibilité 16
2.3.3. Matrice de susceptibilité 18
2.3.4. Facteurs aggravants à la susceptibilité 19

2.4. CARACTÉRISATION DE L'INTENSITÉ 20

2.5. MATRICE DE CARACTÉRISATION DE L'ALÉA GLISSEMENT DE TERRAIN 23

3. Conclusion 25

4. Bibliographie 27

Liste des illustrations

Illustration 1 : Carte géologique du secteur d'étude (polygone rouge) issue de la carte géologique harmonisée au 1/50 000 (BRGM).....8

Illustration 2 : Coupe géologique du versant ouest de la zone d'étude (échelle non respectée).....9

Illustration 3 : Précipitations et températures enregistrées en 2018 sur la station météo de Bâle-Mulhouse (source : infoclimat.fr).....12

Illustration 4 : Principes de caractérisation de l'aléa glissement de terrain.....13

Illustration 5 : Historicité des mouvements recensés en bibliographie.....15

Illustration 6 : Influence de l'échelle du MNT sur la cartographie de la susceptibilité en tenant compte que de la pente.....16

Illustration 7 : Répartition statistique des mouvements de terrain selon les classes de pente issues de la qualification de l'aléa au sein de la vallée de la Largue.....17

Illustration 9 : Photographies du glissement ayant affecté la Rue des Sources en 2006 (gauche) et fissure ouverte en tête de glissement en 2009 (droite).....21

Liste des tableaux

Tableau 1 : Formations susceptibles aux mouvements de terrains et indications de seuil de pente de déclenchement (Audru & Messin, Plan de prévention des risques naturels pour les vallées de la Largue et du Trautbach (68) : cartographie de l'aléa mouvement de terrain, 2000).....14

Tableau 2 : Densité de mouvements de terrain au km² selon la classe de pente.....17

Tableau 3 : Répartition des glissements de terrain selon la nature des couches géologiques impactées.....18

Tableau 4 : Matrice de susceptibilité issue des analyses bibliographiques et statistiques.....19

Tableau 5 : Matrice de susceptibilité aux glissement de terrain en présence de facteurs aggravants sur le secteur d'Altkirch.....20

Tableau 6 : Qualification du niveau d'intensité au regard de l'importance des parades à mettre en œuvre (DDTM 06, RTM 06, CETE Méditerranée, 2013).....20

Tableau 7 : Matrice de caractérisation de l'aléa en fonction de l'intensité du mouvement de référence et de la probabilité d'occurrence (DDTM 06, RTM 06, CETE Méditerranée, 2013).....23

Tableau 8 : Matrice de qualification de l'aléa en fonction des ensembles géologiques et des pentes.....24

Tableau 9 : Matrice de qualification de l'aléa en fonction des ensembles géologiques et des pentes en présence de facteurs aggravants.....24

Liste des annexes

Annexe 1 : Mouvements de terrain recensés lors de l'étude bibliographique.....29

1. Contexte du secteur d'étude

1.1. CONTEXTE GÉOMORPHOLOGIQUE ET TECTONIQUE

La zone d'étude est située au sud de la plaine Rhénane, située à environ 150 à 200 m d'altitude au sein d'un fossé d'effondrement tectonique mis en place à l'Oligocène, appartenant au système de graben du rift ouest Européen. Cette zone marque la confluence entre les rivières Vosgiennes et les grands cours d'eau de la plaine (Ill). Les pentes y sont généralement faibles, mais l'incision des cours d'eaux dans des couches plutôt tendres, peut aboutir localement à un commandement de vallée de l'ordre de 150 m avec des pentes pouvant dépasser 50 % (26°). Au niveau de la zone d'étude, un important méandre de l'Ill affecte les versants, et entraîne des pentes relativement fortes (sapement basal). D'après la carte topographique de l'IGN, à l'échelle du 1/25 000, la colline de l'Illberg domine à cet endroit de plus de 80 m la plaine de l'Ill située à 300 m d'altitude.

Morphologiquement cette région se rattache au Sundgau. Ce secteur est composé de collines développées dans un compartiment tectonique (fossé de Dannemarie), moins affaissé que le reste du fossé rhénan (Maurin & Messin, Plan de Prévention des risques naturels de la vallée de la Largue (Haut-Rhin). Évaluation et cartographie de l'aléa mouvements de terrain, 2000). Deux principales vallées se distinguent dans le Sundgau, il s'agit de la vallée de la Largue et de la vallée de l'Ill. Ces deux vallées sont peu encaissées à l'amont, puis s'élargissent à l'aval en présentant des profils topographiques très marqués.

D'un point de vue structural, le Sundgau n'est pas un simple massif tabulaire. Des études tectoniques montrent une succession de déformations, sous forme de rampes de chevauchement successives, du sud (La Ferette) jusqu'à Mulhouse au nord, (Maurin & Messin, Plan de Prévention des Risques naturels de la vallée de la Largue (Haut-Rhin). Évaluation et cartographie de l'aléa mouvements de terrain, 2000).

Ces déformations mettent en place des accidents majeurs tels que le fossé de Dannemarie (graben) et le horst de Mulhouse au pléistocène (-1 Ma). Ce horst met à l'affleurement des calcaires et marnes sannoisiennes. Des réseaux de failles supposés, observés sur la carte géologique (Theobald, 1958) engendrent des structures est-ouest empruntées par le réseau hydrographique, notamment par l'Ill. Des ondulations synclinales et anticlinales parsèment le secteur, avec le « dos d'Illfurth » (sud-ouest/nord-est, anticlinal) et le fossé de Dannemarie (cuvette synclinale avec des failles nord-sud). La principale structure faillée de la zone d'étude correspond à la faille d'Illfurth, faille nord-sud, empruntée par la vallée de l'Ill plus au nord. Elle marque la limite avec le horst de Mulhouse et met à l'affleurement des terrains plus profonds.

1.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La carte géologique du secteur d'étude est présentée en Illustration 1. Les différentes formations observées sont décrites en suivant.

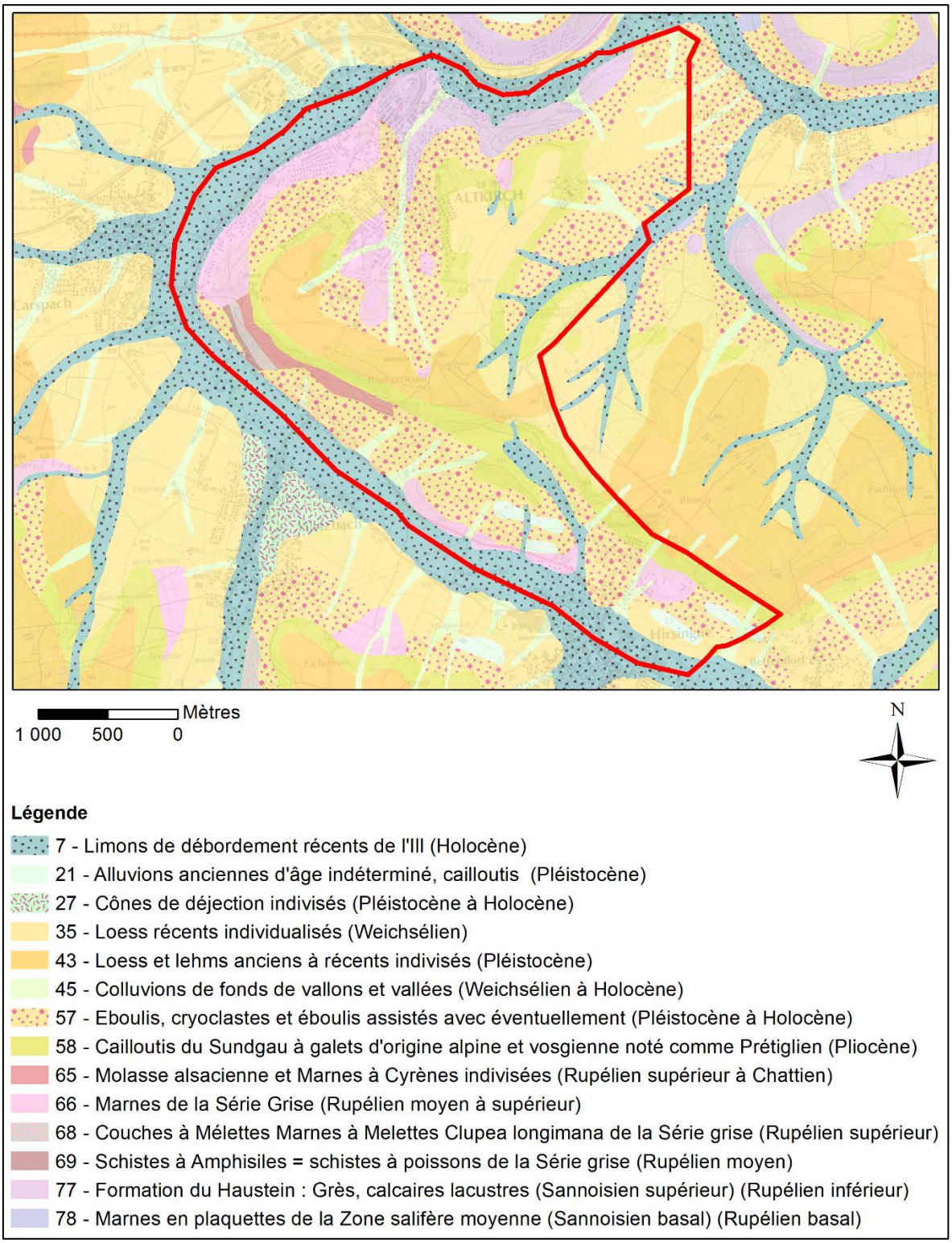

Illustration 1 : Carte géologique du secteur d'étude (polygone rouge) issue de la carte géologique harmonisée au 1/50 0000 (BRGM).

Sur le secteur d'étude, le substratum est constitué de la succession lithologique suivante : des marnes stampiennes (subdivision de l'étage Oligocène, ère tertiaire), sont recouvertes par d'importantes nappes d'alluvions à galets siliceux dits « Cailloutis du Sundgau » puis par des lehms et des lœss qui constituent la partie sommitale du plateau. Les pentes des versants sont localement recouvertes d'éboulis et de dépôts de pentes (colluvions) formés par un amoncèlement de marnes, cailloutis et lœss remobilisés et déstructurés (Illustration 2).

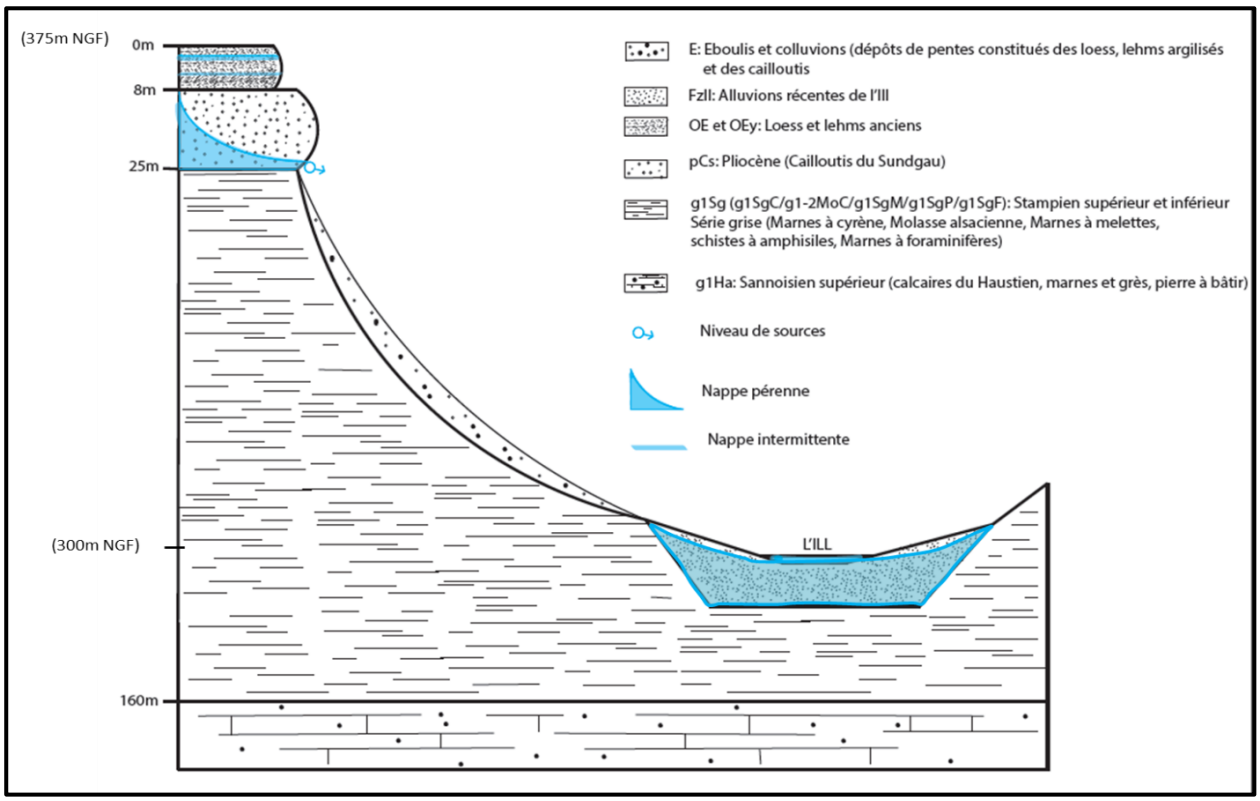

Illustration 2 : Coupe géologique du versant ouest de la zone d'étude (échelle non respectée).

1.2.1. Formations du substratum

Les formations marneuses

La partie ouest du Sundgau possède un soubassement oligocène (Theobald, 1958), la transgression marine venant du sud à cette époque a conduit au dépôt d'une série grise fossilifère parfois difficile à différencier. Cette série contient des marnes à cyrènes (g1SgC), souvent appelée molasse Alsacienne (g1-2MoC). Cette molasse correspond à une série détritique, issue de l'érosion massive de terrains vosgiens à l'Oligocène supérieur (Stampien supérieur), contient des marnes bleues et vertes, des lentilles gréso-calcaires. La série grise contient également les marnes à Melettes (g1SgM) et des marnes bleues-vertes micacées. Des schistes à amphisiles (poissons), appartiennent également à cette séquence (g1SgP) tout comme les marnes à foraminifères (g1SgF). Les limites de séparation de ces différents ensembles sont très difficiles à discerner sur le terrain, l'appellation « série grise » est par conséquent souvent employée (g1Sg). La Série grise est considérée comme la « couche savon » de la région, les plans de glissements des phénomènes recensés se situent préférentiellement à l'interface entre cette dernière et les formations superficielles. Ces couches présentent une puissance comprise entre 30 et 50 m.

Les formations calcaires

La série grise s'appuie sur une des rares couches dures du secteur, les calcaires du Haustein (g1Ha). Ces calcaires, souvent appelés pierre à bâtir du Sannoisien supérieur, sont parfois gréseux (50 – 90 m d'épaisseur). Les calcaires apparaissent à la faveur du dispositif structural, en particulier au niveau du horst de Mulhouse et d'ondulations anticlinales. Ils affleurent au nord de la zone d'étude. Au droit de la zone d'étude, les formations calcaires du Haustein sont observées au nord de la commune d'Altkirch.

1.2.2. Formations superficielles

L'abondance et l'épaisseur des formations superficielles constituent une des caractéristiques principales du Sundgau.

Alluvions de l'Ill

Les alluvions de l'Ill sont constituées de sables et graviers recouvertes de limons. Trois types d'alluvions sont présentes sur le secteur d'étude.

Alluvions anciennes

Les alluvions anciennes dites Cailloutis ou graviers du Sundgau (pCs) à éléments rhénans ou vosgiens sont attribuées au Pliocène. Cette nappe d'alluvions constitue une structure importante de la morphologie de la région car elle représente l'ossature de la plupart des hauteurs. L'épaisseur est variable et peut atteindre 10 à 15 m.

Éboulis de pente

Les éboulis de pente (E) sont fréquents au niveau des escarpements, sous les calcaires oligocènes (g1Ha) et sous les cailloutis du Sundgau (pCs). Ces éboulis sont souvent indifférenciés et affectés par des glissements de terrains. Les terrains sous-jacents étant déstructurés, ils ne sont jamais identifiés. Leur granulométrie est de ce fait, très variable, évoluant des blocs grossiers aux particules fines.

Formations des plateaux

Les lœss (OEy) et lœss et lehm indifférenciés (OE) sont des dépôts peu cohérents d'âge Riss ou Würm, d'origine éolienne, finement sableux, de teinte jaune paille, contenant jusqu'à 50 % de calcaire à l'origine (lœss), souvent décalcifiés (lehm). Leur épaisseur peut atteindre 15 m.

Les lœss sont des limons jaunes clair, au toucher farineux et pulvérulent, renfermant à l'origine jusqu'à 50 % de calcaire et riches en argiles. Les lehms représentent les produits d'altération du lœss, résultant notamment de sa décalcification. Le lehm est imperméable et de teinte brunâtre.

Sur la zone d'étude, ces formations se retrouvent en sommet de plateaux exclusivement.

De manière générale, les formations les plus susceptibles à l'apparition de mouvements de terrain sont les formations fines (lœss), les cailloutis du Sundgau et les marnes.

Dans le cadre de la qualification de l'aléa, ces formations géologiques vont être regroupées au sein d'ensemble présentant des comportements similaires dans le cadre de l'aléa glissement de terrains :

- les formations de types fines sur marnes regroupent l'ensemble des formations marneuses et leur recouvrement superficiel (colluvions) ;
- les formations calcaires sont constituées des formations calcaro-gréseuse du Haustein ;
- les formations lœssiques regroupent l'ensemble des formations des plateaux ;
- les cailloutis du Sundgau, alluvions et les éboulis associés sont également regroupés au sein d'un ensemble.

1.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

La plaine d'Alsace est réputée pour la puissance de sa nappe phréatique. Cet aquifère est alimenté par les nappes alluviales de l'ensemble des cours d'eau circulant entre les vallées vosgiennes et le fossé rhénan. Ces nappes alluviales ne seront pas prises en compte dans cette étude car leur localisation dans les fonds de vallée, n'est pas liée à l'occurrence des désordres observés sur les versants.

Les terrains impactés par l'occurrence de mouvements de terrain présentent également des aquifères :

- les cailloutis du Sundgau, sont alimentés par les eaux d'infiltration circulant au sein des lœss, localement perméables à la faveur de niveaux moins riches en produits d'altérations argileux. L'eau s'infiltre dans les cailloutis qui font office d'aquifère et se retrouve bloquée à la base de cette formation, au niveau de la jonction avec la série grise constituée des marnes oligocènes imperméables (aquiclude). Un important système de sources perchées va se mettre en place à la limite entre ces deux formations, ce qui permet de marquer la limite litho stratigraphique. Ce réseau de source est utilisé localement pour alimenter les villages en eau potable ;
- les lœss et certaines formations superficielles comme les éboulis ou les colluvions, en fonction de leur granulométrie, peuvent être aquifère et emmagasiner de l'eau. Des niveaux de nappe temporaires ont été mis en évidence par des sondages géotechniques à 3 et 7 m de profondeur dans ces formations (Theobald, 1958) Le Sundgau est aussi appelé « pays de étangs », qui se développent à la faveur de zones plus imperméables sur les plateaux (Maurin & Messin, Plan de Prévention des risques naturels de la vallée de la Largue (Haut-Rhin). Évaluation et cartographie de l'aléa mouvements de terrain, 2000).

D'autres aquifères secondaires occupent les calcaires du Haustien et les calcaires à mélanies, ces aquifères sont souvent associés à des circulations d'eau par failles, accompagnées de sources de faille (nappe de la mollasse et des calcaires du tertiaire). Ils ne concernent pas directement le secteur d'étude.

L'accumulation d'eau dans des formations peut entraîner l'apparition de glissements de terrain. L'augmentation des teneurs en eau des sols entraîne une augmentation de la pression interstitielle au sein des formations, ce qui dégrade d'autant leurs qualités mécaniques (cohésion des grains). Au droit de la zone d'étude, la diminution des qualités mécaniques des formations superficielles a un impact direct sur l'occurrence de mouvements de terrain car ces formations reposent directement sur la « couche savon » de la région : les marnes oligocènes. L'apparition de surface de cisaillement est facilitée par les infiltrations d'eau au sein des formations superficielles.

1.4. CONTEXTE CLIMATIQUE

Le Haut-Rhin appartient au domaine climatique de l'Europe occidentale où les influences climatiques océaniques et continentales se combinent. Les Vosges offrent une protection contre les masses d'air humides d'origine océanique. Cette protection illustre l'effet de foehn et fait en sorte que la plaine Alsacienne est l'une des plus sèches de France < 700 mm.an^{-1}. En revanche les précipitations sur les Vosges sont très fortes >1 000 mm.an^{-1}.

La plaine du Sundgau, présente quant à elle un climat relativement différent. En raison de la trouée de Belfort, son climat est plus humide (semi-océanique avec une influence continentale). Une seule station météorologique permet de caractériser le secteur, il s'agit de la station de Bâle-Mulhouse (Illustration 3).

Les précipitations annuelles sont de l'ordre de 770 mm, et les jours de neige sont importants (33 j./an). L'influence océanique se fait sentir au niveau des températures estivales, plus faibles que dans le reste de la plaine d'Alsace, et des précipitations plus fortes en tête de bassin versant (Ill, Largue) pouvant atteindre 1 000 mm.an^{-1}. La région subie également l'influence de l'air de méditerranée ayant contourné l'arc alpin. Ce phénomène temporaire peut engendrer de forts cumuls pluviométriques lors des saisons hivernales.

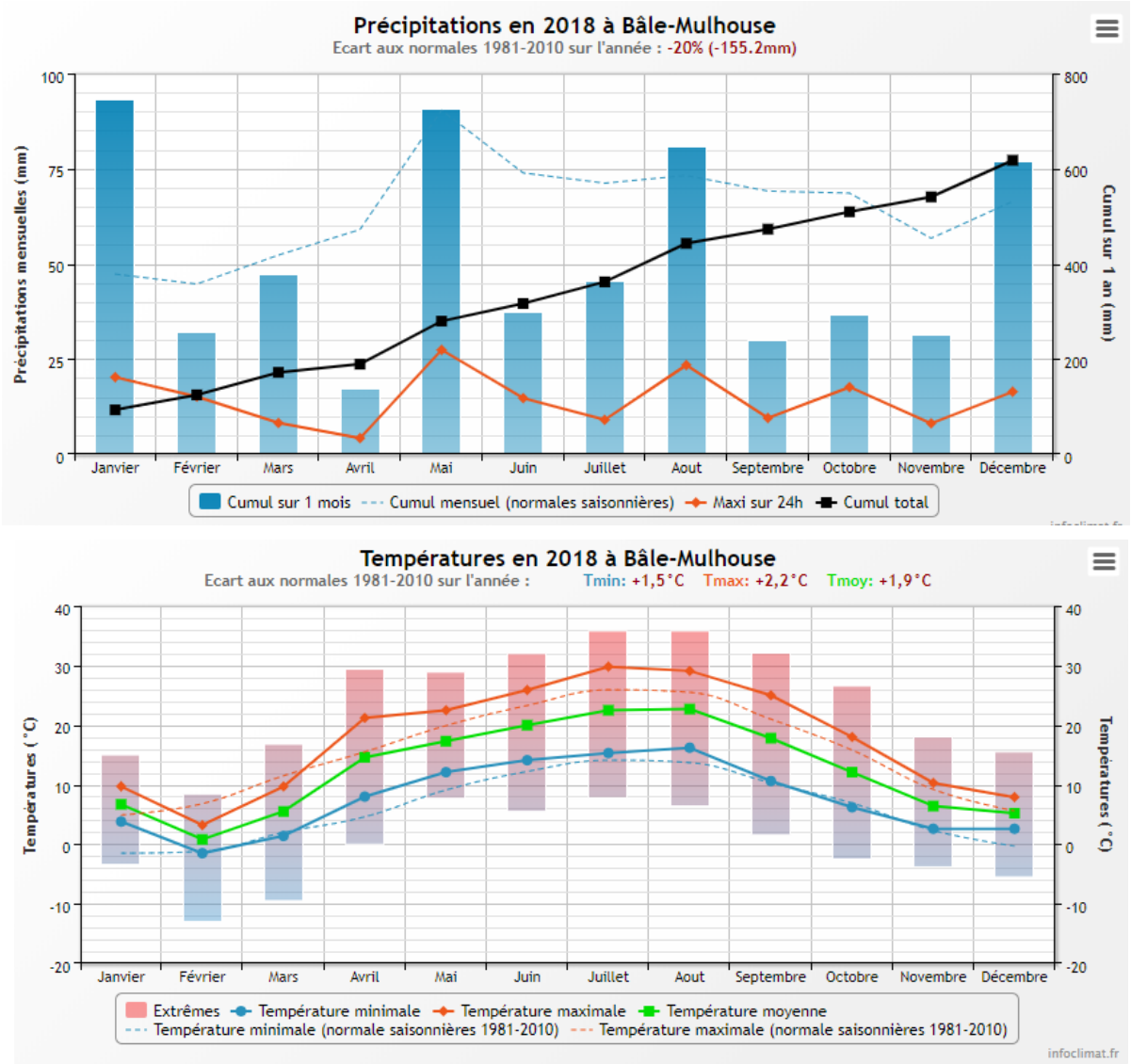

Illustration 3 : Précipitations et températures enregistrées en 2018 sur la station météo de Bâle-Mulhouse (source : infoclimat.fr).

2. Élaboration de la matrice de caractérisation de l'aléa

2.1. DÉFINITION DE L'ALÉA

L'aléa est la probabilité d'occurrence spatiale et temporelle et de propagation d'un phénomène d'intensité donnée (Cruden et Fell, 1997 ; Fell *et al.,* 2005)

La probabilité d'occurrence définit la prédisposition du site à produire un évènement donné dans un délai retenu (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement – Ministère de l'Équipement des transports et du Logement, 1999) ; l'intensité peut être évaluée en fonction de l'importance et de l'ordre de grandeur du coût des mesures qu'il pourrait être nécessaire de mettre en œuvre pour se prémunir de l'aléa. (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement – Ministère de l'Équipement des transports et du Logement, 1999).

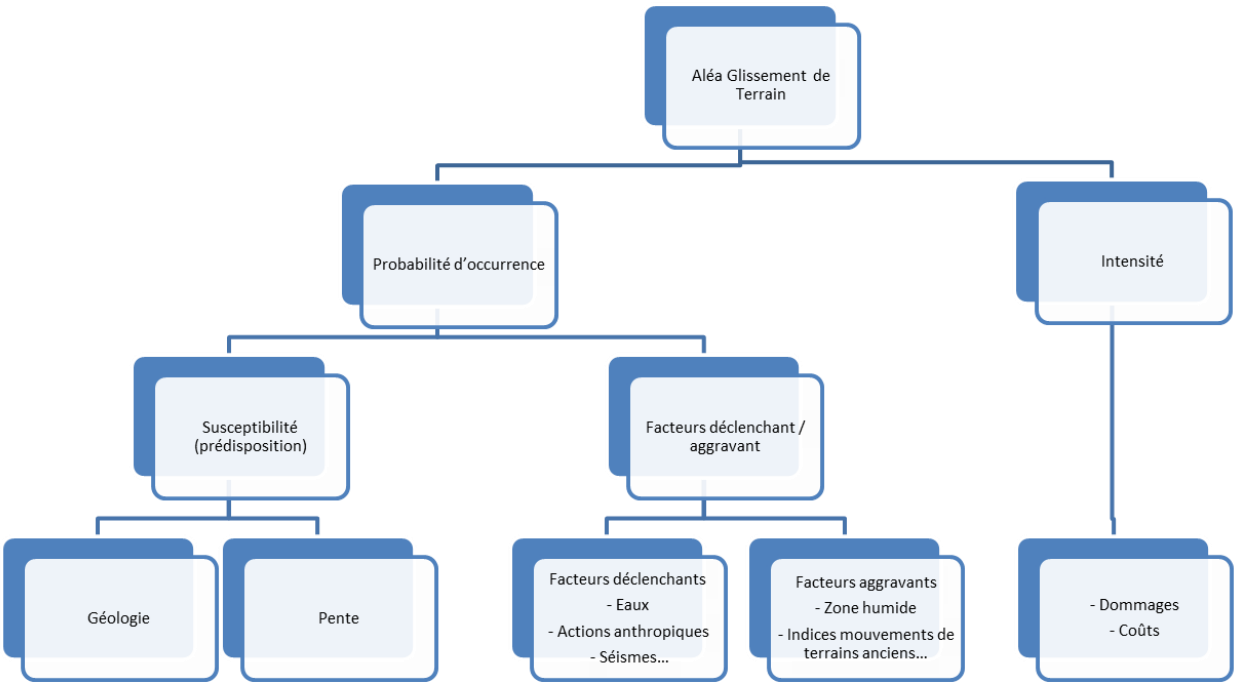

Illustration 4 : Principes de caractérisation de l'aléa glissement de terrain.

2.2. ÉTUDES PASSÉES À PROXIMITÉ DU SECTEUR D'ÉTUDE

Une étude de caractérisation de l'aléa glissement de terrain a été réalisée sur la vallée de la Largue, voisine de la vallée de l'Ill (Audru & Messin, Plan de prévention des risques naturels pour les vallées de la Largue et du Trautbach (68) : cartographie de l'aléa mouvement de terrain, 2000).

D'après cette étude, les formations géologiques, siège de l'apparition de glissement de terrain, sont principalement les formations fines (lœss) et les marnes (Tableau 1) identifiées précédemment comme susceptibles au mouvement de terrain. Des valeurs de pente de déclenchement des glissements de terrains sont également fournies.

Phénomènes	Formations géologiques	Pentes	Autres facteurs
Fluage	Loess argileux et marnes	Pentes faibles (dès 3,5°)	Exutoire de sources
Ravinements	Limite des loess et des cailloutis, lorsque les loess sont peu épais (1 m environ). Parfois directement sur les cailloutis.	Pentes continues de 3,5° à 10°	
Glissements	Loess (limite cailloutis) et marnes	Pentes dès 3° pour loess et cailloutis, de 5,5° à 10° dans les marnes	Exutoire de sources
Suffosion et fontis	Loess (limite cailloutis lorsque les loess sont peu épais (1 m environ)[6]. Deux fontis dans les marnes.	Pentes de 2° à 10°.	
Éboulis	Cailloutis	Pentes fortes (70°)	Carrières et eau

Tableau 1 : Formations susceptibles aux mouvements de terrains et indications de seuil de pente de déclenchement (Audru & Messin, Plan de prévention des risques naturels pour les vallées de la Largue et du Trautbach (68) : cartographie de l'aléa mouvement de terrain, 2000).

Afin de qualifier l'aléa sur le secteur d'étude, une matrice de qualification de l'aléa va être proposée. Cette matrice sera établie en 2 étapes.

Dans un premier temps, une matrice de susceptibilité va être établie. Dans un second temps, cette matrice sera croisée avec les intensités observées sur les glissements de terrain connus au droit de la zone d'étude afin d'obtenir une matrice de qualification de l'aléa glissements de terrain.

2.3. CARACTÉRISATION DE LA SUSCEPTIBILITÉ

2.3.1. Historicité des mouvements de terrain sur le secteur d'étude

L'étude phénoménologique recense l'ensemble des phénomènes de glissements (pelliculaires, plans ou translationnels, rotationnels). Aucun glissement de type fluage ou solifluxion n'a été identifié en bibliographie.

Les autres types de phénomènes (chutes de bloc, effondrements de cavité, retraits/gonflements des argiles, …) ne sont pas objets de cette étude, ils ne seront donc pas pris en compte.

Bibliographie sur le secteur d'étude

L'étude des évènements historiques a consisté en des recherches bibliographiques à partir des bases de données existantes. La plupart des mouvements de terrain de la région ont été recensés entre 2003 et 2005 au cours de l'inventaire départemental des mouvements de terrain du Haut-Rhin réalisé par le BRGM (Cruz-Mermy & Perrin, BRGM/RP-54048-FR, 2005). D'autres données ont été collectées à partir de rapports BRGM, de la BDMVT[2] (site www.georisque.gouv.fr), de la carte géologique au 1/50 000 (Theobald, 1958) et de l'enquête

[2] BD MVT : Base de Données nationale sur les Mouvements de Terrains gérée par le BRGM

auprès des communes réalisées dans le cadre d'un Plan de Prévention des Risques sur la vallée voisine de la Largue [Audru & Messin, BRGM/RP-50292-FR, 2000) et (Maurin & Messin, BRGM/RP-40823-FR, 2000)].

43 glissements ont été répertoriés au total dans le Sundgau et les collines sous-vosgiennes (Annexe 1).

Parmi ces glissements de terrain, 7 sont compris strictement dans la zone d'étude, 24 dans le Sundgau (contexte identique) et 11 au sein des collines sous-Vosgiennes (contexte légèrement différent).

Ces glissements ont fait l'objet d'une description accompagnée d'une fiche métadonnée qui recense les informations sur ces phénomènes (Localisation, précision, date, intensité, nature des terrains - cf. Annexe 1).

Il ressort de cette analyse historique que les versants subissent un réajustement consécutif à la pression anthropique et à l'urbanisation ; la majorité des glissements de terrain est d'origine anthropique (talutage, décaissement, …). L'étude bibliographique a mis en évidence la forte corrélation entre glissements de terrain et aménagement du territoire, cela depuis le début du XIX^{ème} siècle.

Un travail statistique a été mené sur la date d'occurrence des glissements recensés en bibliographie mais n'a pas permis d'extraire une tendance particulière en raison de données insuffisantes (Illustration 5).

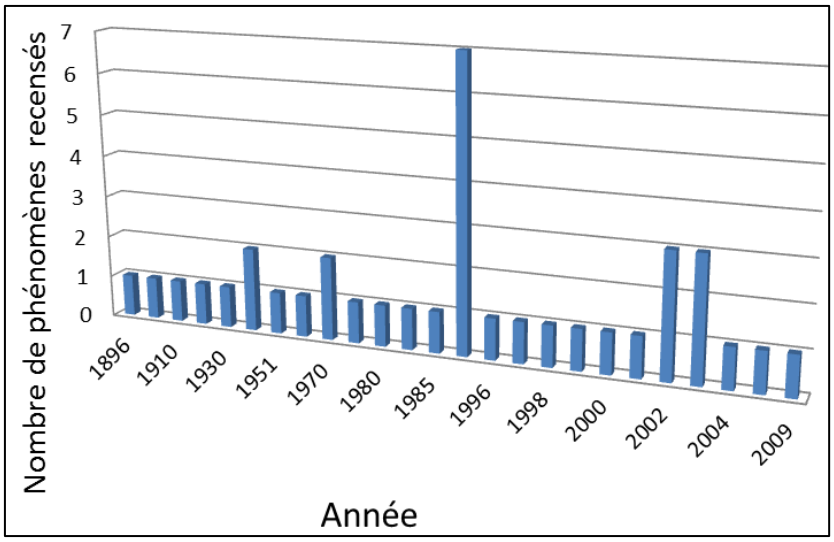

Illustration 5 : Historicité des mouvements recensés en bibliographie.

Sur la zone d'étude au sens strict, 7 glissements, correspondant à des glissements plans, ont été recensés. Ils correspondent à des glissements consécutifs à des aménagements non maîtrisés (talutage trop raide, excavation en pied de versant, …) mais également à des glissements de plus grande ampleur comme celui qui a impacté la colline de l'Illberg en 2006 réactivé en 2009 (Cruz-Mermy, 2009). De par son ampleur (7 000 m²), et ses conséquences (dommage sur plusieurs bâtiments entrainant l'évacuation), il va constituer le mouvement de référence sur la zone d'étude pour la formation géologique impactée (fines sur marnes).

2.3.2. Définition des classes de pente de la matrice de susceptibilité

Les classes de pente relevées dans le rapport d'élaboration du PPR de la vallée de la Largue (Audru &Messin, BRGM/RP-50292, 2000) et (Maurin & Messin, BRGM/RP-40823-FR, 2000), font état d'un aléa supposé nul pour les pentes < 6 % (3,5°), faible pour les pentes entre 6 et 11 % (6,3°) et moyen pour les pentes > 11 % (6,3°).

Une analyse statistique sur les glissements de terrains issus de la recherche bibliographique va être réalisée pour valider la cohérence de classes de pente utilisées dans la caractérisation de l'aléa dans la vallée de la Largue afin d'établir la matrice de susceptibilité permettant de qualifier l'aléa sur la zone d'étude.

Validation des seuils de pente utilisés dans la qualification de l'aléa glissement de terrain dans la vallée de la Largue

Un travail statistique a été mené sur les glissements répertoriés en bibliographie (Illustration 7) :

- 43 glissements au total dans le Sundgau et les collines sous-vosgiennes (géologie voisine) ;
- dont 7 compris strictement dans la zone d'étude ;
- dont 24 dans le Sundgau (géologie identique).

Parmi les glissements de terrain répertoriés en bibliographie, 35 possèdent une incertitude de positionnement acceptable (inférieure ou égale à l'hectomètre) pour déterminer l'intervalle de pente dans lequel ils se sont déclenchés. L'incertitude de positionnement à l'hectomètre est considérée comme acceptable pour les glissements de terrains étudiés puisque la zone déstabilisée située rue des sources à Altkirch présente une longueur de l'ordre de la centaine de mètres.

Les pentes ont été calculées à partir du MNT à 25 m de l'IGN. Le MNT à 25 m a été sélectionné car il permet une vision plus lissée de la pente et une meilleure estimation de la susceptibilité liée au relief. En effet, compte tenu de la méthode engagée pour cette étude, l'utilisation d'un LIDAR trop précis présente un risque de sous-estimation localisée de la susceptibilité, notamment dans le cas de figure de glissements d'emprise importante présentant une zone de propagation de faible pente entre la cicatrice d'arrachement et le bourrelet frontal (Illustration 6).

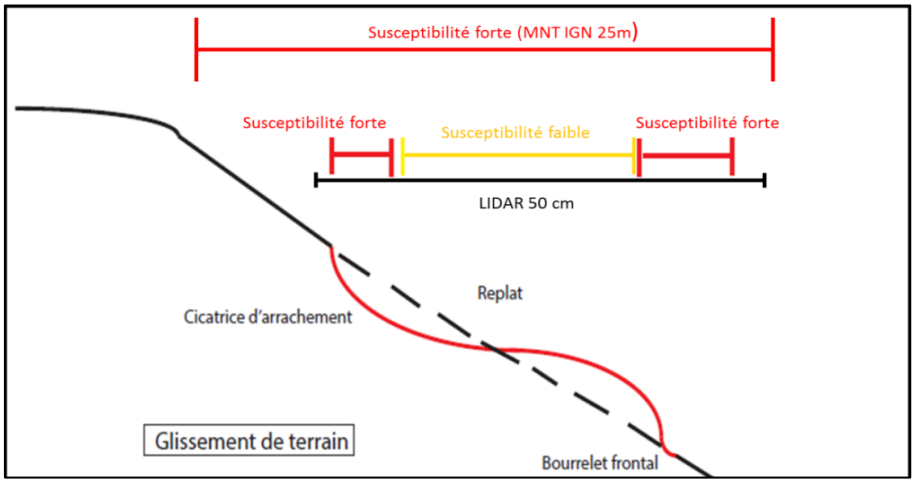

Illustration 6 : Influence de l'échelle du MNT sur la cartographie de la susceptibilité en tenant compte que de la pente.

La répartition statistique des 35 mouvements de terrain recensés en bibliographie, dont l'incertitude de localisation est acceptable, selon les classes de pente utilisées lors de la caractérisation de l'aléa dans la vallée de la Largue est la suivante :

- 3 % des glissements dans une pente <6 % ;
- 31 % des glissements dans une pente <11 % ;
- 40 % des glissements dans une pente 11 %<p<20 % ;
- 17 % des glissements dans une pente 20 %<p<30 % ;
- 9 % des glissements dans une pente >50 %.

L'Illustration 7 représente la répartition statistique des mouvements de terrain selon les classes de pente précédemment établies, issue de la qualification de l'aléa glissement de terrain dans la vallée de la Largue (Audru & Messin, BRGM/RP-50292-FR, 2000).

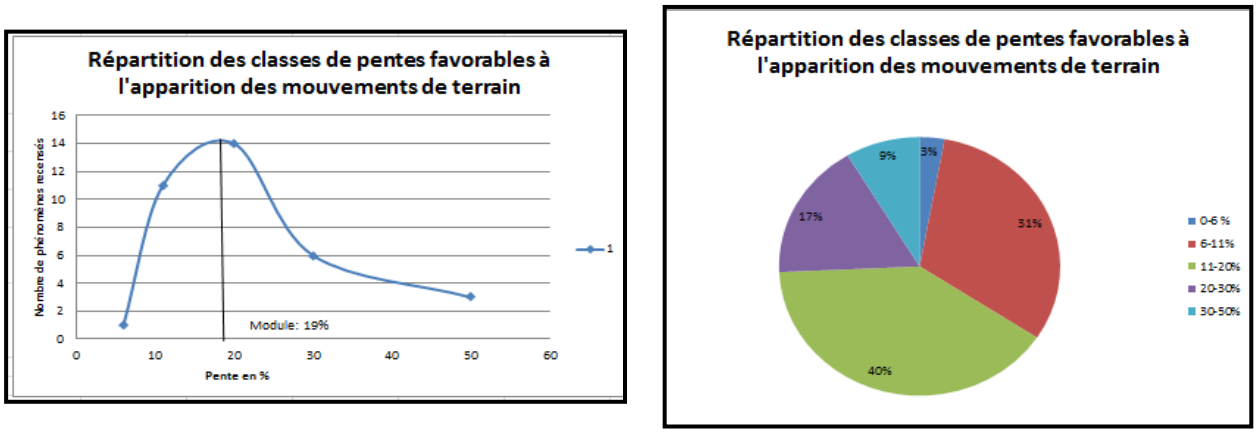

Illustration 7 : Répartition statistique des mouvements de terrain selon les classes de pente issues de la qualification de l'aléa au sein de la vallée de la Largue.

Afin de valider les classes de pentes définies pour la matrice de susceptibilité, la densité de mouvement par km² pour chaque classe de pente a été calculée. Seuls les 23 mouvements situés dans les formations du Sundgau, identiques à celles de la zone d'étude, ont été utilisés. Les résultats sont présentés dans le Tableau 2.

Classes de pentes (%)	Nombre de mouvement	% de mouvement	surface classe pente (km²)	% classe pente / surface totale	Densité mvt au km² par classe de pente
0-6	1	4.3	710.87	64	0.00
6_11	5	21.7	268.69	24	0.02
11_20	12	52.2	102.79	9	0.12
20_30	4	17.4	18.33	2	0.22
>30	1	4.3	7.99	1	0.13

Tableau 2 : Densité de mouvements de terrain au km² selon la classe de pente.

Cette étude statistique indique que la majorité des mouvements (52,2 %) interviennent entre 11 et 20 % de pente.

De manière générale, le Tableau 2 montre que plus la classe de pente est élevée, plus la densité de mouvements de terrain observé par km² est importante.

Le seul biais concerne les classes de pentes supérieures à 30 % pour lesquelles un seul glissement de terrain a été recensé en bibliographie. La densité de mouvement est donc légèrement plus faible (0,12.km^{-2} contre 0,22.km^{-2} pour la classe 20 à 30 %).

L'observation de la carte géologique et de la carte des pentes montre que les classes de pentes supérieures à 30 % sont formées par des formations massives (calcaire ou gréseuse) qui sont de fait peu susceptibles aux glissements de terrains.

La pente étant considérée, dans le cadre de l'aléa glissement de terrain, comme un facteur de prédisposition, une augmentation de la susceptibilité en parallèle des classes de pente était attendue. L'analyse statistique réalisée en utilisant les classes de pente définies lors de la qualification de l'aléa glissement de terrain sur la vallée de la Largue montre une augmentation de la susceptibilité, lorsque les pentes deviennent plus importantes Sur cette base, les classes de pentes utilisées sur la vallée de la Largue peuvent être utilisées pour établir la matrice de susceptibilité sur la zone d'étude.

2.3.3. Matrice de susceptibilité

L'étude réalisée ci-dessus ayant montré que les seuils de pente utilisés lors de la réalisation du PPR de la Vallée de la Largue sont cohérents sur l'emprise géographique de la zone d'étude de la présente étude (PPR MVT Altkirch), ils vont être croisés à la nature du substratum géologique ce qui va permettre la détermination d'une matrice de susceptibilité.

L'analyse des glissements de terrain recensés en bibliographie a permis de dresser le Tableau 3 qui illustre la répartition des mouvements de terrain en fonction de la nature des couches géologiques impactées.

Ensemble géologique	Loess	Cailloutis	Fines sur marnes	Calcaires
Mouvements de terrain recensés (bibliographie)	3	4	24	0
Mouvements de terrain (%)	9.7	12.9	77.4	0
Pente moyenne (%)	19.0	14.8	16.7	-
Pente moyenne (°)	10.7	8.5	9.5	-

Tableau 3 : Répartition des glissements de terrain selon la nature des couches géologiques impactées.

Il souligne la présence de près de 80 % des mouvements dans les formations de type fines sur marnes qui représentent donc la formation la plus susceptible à l'occurrence de glissements de terrains. Les pentes moyennes de déclenchement sont sensiblement identiques pour les 3 formations géologiques au sein desquelles des glissements de terrain ont été recensés.

La matrice de susceptibilité issue de ces analyses est présentée en Tableau 4.

Matrice de susceptibilité	Géologie		Zone d'étude : secteur d'Altkirch - Hirsingue (68)					
			Pentes (%)					
			0-6%	6-11%	11-20%	20-30%	30-50%	50-100%
	Formations affleurantes	Fines sur Marnes	Supposé nul	Faible	Moyen	Fort	Fort	Fort
		Lœss (formations fines)	Supposé nul	Supposé nul	Faible	Moyen	Moyen	Fort
		Cailloutis Sundgau	Supposé nul	Supposé nul	Faible	Moyen	Moyen	Fort
		Calcaire	Supposé nul	Supposé nul	Supposé nul	Supposé nul	Supposé nul	Supposé nul

Tableau 4 : Matrice de susceptibilité issue des analyses bibliographiques et statistiques.

2.3.4. Facteurs aggravants à la susceptibilité

Les facteurs aggravants (paramètres anthropiques et naturels) vont être intégrés dans une seconde matrice (qui incrémentera le niveau de susceptibilité) après avoir été observés sur le terrain ou recensés en bibliographie. Une probabilité d'occurrence plus forte pourra être déduite de ces facteurs et des formes observées sur le terrain. En effet, plus les indices seront récents (glissements non régularisés) plus la probabilité d'occurrence des mouvements sera forte (versant non réajusté, non stabilisé).

Les facteurs aggravants identifiés sur le secteur d'étude sont les suivants :

L'eau : les zones humides aggravent la susceptibilité des terrains à développer des glissements. Ces dernières provoquent une diminution de cohésion dans les formations meubles à matrice fine (silts et argiles) et du fait de la montée de la nappe, entraînent une baisse de la résistance au cisaillement dans les horizons frottants. L'existence de biseaux ou interlits aquifères, entre des formations argileuses, favorisent le développement de surpressions interstitielles réduisant leur résistance au cisaillement. Enfin, les thalwegs sont le lieu de concentration des eaux d'écoulement qui mobilisent des matériaux déstructurés.

Les anciennes carrières d'emprunts : en particulier dans les cailloutis du Sundgau sur les versants, elles ont laissé des fronts de taille verticaux qui peuvent atteindre localement 10 m de haut. L'érosion de ces gradins dans des matériaux légèrement cohérents à court terme, peut sous l'action combinée des eaux météoriques et des écoulements de la nappe des cailloutis, être à l'origine de ruptures.

Les couches en aval pendage : la présence d'un pendage au sein des couches de la série grise peut, dans le cas d'une absence de butée de pied, entraîner l'apparition de mouvement de terrain superficiel par « appel au vide ».

Les mouvements anciens et récents **:** l'existence de mouvements de terrains avérés, qu'ils soient anciens ou récents constitue un facteur aggravant classique. Les secteurs impactés par ces phénomènes sont susceptibles de subir la réactivation des contraintes dans le cas de mouvements anciens.

L'observation, d'un ou de plusieurs de ces facteurs aggravants, entraînera par dire d'expert, localement, l'incrémentation du niveau d'aléa comme exposé dans le Tableau 5.

Matrice de susceptibilité en présence de facteurs aggravants	Géologie		Zone d'étude : secteur d'Altkirch - Hirsingue (68)					
			Pentes (%)					
			0-6%	6-11%	11-20%	20-30%	30-50%	50-100%
	Formations affleurantes	Fines sur Marnes	Faible	Moyen	Fort	Fort	Fort	Fort
		Lœss (formations fines des	Faible	Faible	Moyen	Fort	Fort	Fort
		Cailloutis Sundgau	Faible	Faible	Moyen	Fort	Fort	Fort
		Calcaire	Supposé nul	Supposé nul	Supposé nul	Supposé nul	Supposé nul	Supposé nul

Tableau 5 : Matrice de susceptibilité aux glissement de terrain en présence de facteurs aggravants sur le secteur d'Altkirch.

2.4. CARACTÉRISATION DES INTENSITÉS

L'intensité d'un mouvement de terrain peut être évaluée en fonction de l'importance et de l'ordre de grandeur du coût des mesures qu'il pourrait être nécessaire de mettre en œuvre pour s'en prémunir (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement – Ministère de l'Équipement des Transports et du Logement, 1999).

Par définition, la qualification du niveau d'intensité requiert une description précise du phénomène attendu et de ses conséquences. La qualification de l'intensité pour chaque ensemble de formations géologiques potentiellement impacté par des glissements de terrain va être réalisée sur la base de évènements recensés en bibliographie. Dans le cas où les informations recensées en bibliographie ne seraient pas suffisantes, les observations réalisées sur le terrain pourront être utilisées pour compléter le diagnostic. L'intensité d'un aléa peut être définie à partir du Tableau 6.

Glissement de terrain:

Intensité	Description
Très élevée	- Glissement de terrain dont le volume mobilisé et la vitesse de déplacement sont très importants (aire géographique >au km²) - échelle d'un versant. - Glissement de terrain dont le volume mobilisé est très important sur une aire géographique > au km².
Élevée	- Glissement de terrain dont le volume mobilisé intéresse une aire géographique supérieure à 1000 m². - Glissement de terrain dont la vitesse est rapide ou à tendance à s'accélérer. - Glissement de terrain dont le volume et la vitesse sont importants sur une aire géographique d'environ 1000 m².
Modérée	- Glissement de terrain dont le volume mobilisé est superficiel et la vitesse de déplacement moyenne sur une aire géographique comprise entre 100 et 1000 m². - Glissement de terrain dont le volume mobilisé intéresse une aire géographique réduite (inférieure à 100 m²) et la vitesse de déplacement moyenne.
Faible	- Glissement de terrain dont le volume mobilisé intéresse une aire géographique < à 100 m² et la vitesse de déplacement faible. - Glissement de terrain dont le volume concerné est superficiel et intéresse une aire géographique réduite.

Tableau 6 : Qualification du niveau d'intensité au regard de l'importance des parades à mettre en œuvre (DDTM 06, RTM 06, CETE Méditerranée, 2013).

Dans le cadre de la caractérisation de l'aléa sur la zone d'étude, les intensités des mouvements de terrain attendues vont être évaluées sur la base des phénomènes de référence décrits ci-après. Ces intensités vont être croisées avec la matrice de susceptibilité pour établir la matrice de caractérisation de l'aléa.

Caractérisation de l'intensité concernant les formations de type « fines sur marnes »

- **Description du mouvement de référence concernant les formations de type « fines sur marnes »**

D'après l'expertise réalisée par le BRGM (Cruz-Mermy, 2009), le glissement de terrain situé rue des Sources à Altkirch qui prend naissance au sein des formations marneuses de la Série Grise, peut être considéré comme mouvement de référence. Le mouvement de référence s'apparente, d'après la typologie des glissements de terrain, à un glissement plan (ou translationnel). Son plan de glissement se situe vraisemblablement entre 6 et 8 m de profondeur, à l'interface entre les formations superficielles et les marnes de la série grise en place. Les inclinomètres installés et suivis par le bureau d'étude Fondasol ont mis en évidence un glissement actif et des déformations persistantes (Cruz-Mermy, 2009). La géométrie de ce mouvement déborde le cadre parcellaire, il s'étend sur 7 000 m².

Les conséquences sur le lotissement en cours de construction ont été nombreuses. Une maison a été détruite en 2006, en 2009 une route est impactée, plusieurs bâtiments présentent des fissures (un bâtiment R+2 dont le radier a été déchaussé). En pied de glissement, le bourrelet frontal a soulevé des dalles et fait basculer des enrochements mis en place pour rétablir la butée de pied, supprimée suite à des travaux de décaissement. En tête de glissement les niches d'arrachement sont soulignées par des fissures ouvertes sur 20 cm (Illustration 8).

Illustration 8 : Photographies du glissement ayant affecté la rue des Sources en 2006 (gauche) et fissure ouverte en tête de glissement en 2009 (droite).

Le coût de l'ensemble des parades mises en place, auquel s'ajoute celui du dévoiement des réseaux et de la démolition des biens, se chiffre à plus de 2,5 million d'euros.

- **Caractérisation de l'intensité concernant les formations de type « fines sur marnes »**

Au regard des parades à mettre en œuvre, le glissement de terrain de la rue des Sources, dont l'emprise dépasse le cadre parcellaire, et dont les parades pourraient être financées par plusieurs propriétaires, il présente donc **une intensité modérée** (Tableau 6).

Caractérisation de l'intensité concernant les formations de type « lœss (formations fines des plateaux) »

- **Description du mouvement de référence**

Le glissement de terrain de référence pour les lœss a été recensé en BD MVT (id 66800554) et correspond à un glissement de terrain d'un volume estimé à 500 m^3 observé (largeur de 50 m) sur la commune de Hangenthal le Bas. Une route départementale a été impactée par le phénomène.

- **Caractérisation de l'intensité concernant les formations de type « lœss (formations fines des plateaux)**

Au regard des volumes mis en mouvement et de l'emprise des glissements qui est susceptible de dépasser le cadre parcellaire (50 m), l'intensité potentielle des glissements de terrain pouvant prendre naissance au sein des formations lœssiques sera considérée, lors de la qualification de l'aléa, comme modérée.

Caractérisation de l'intensité concernant les Cailloutis du Sundgau

- **Description du mouvement de référence**

Les glissements de terrains recensés en BD MVT ayant pris naissance au sein de la formation des Cailloutis du Sundgau sont généralement très mal renseignés. Néanmoins, un glissement de terrain ayant pris place sur la commune de Seppois-le-Bas a engendré un déplacement d'un volume de terrain de 100 m^3. Durant les investigations de terrain, un glissement de terrain a été observé au sein des Cailloutis du Sundgau ; le volume des éléments déplacé était très faible (1 à 2 m^3).

- **Caractérisation de l'intensité concernant les Cailloutis du Sundgau**

Au regard des faibles volumes mis en mouvement et de l'emprise des glissements qui ne semble pas dépasser le cadre parcellaire (50 m), l'intensité potentielle des glissements de terrain pouvant prendre naissance au sein des Cailloutis du Sundgau sera considérée, lors de la qualification de l'aléa, comme faible.

Caractérisation de l'intensité concernant formations calcaires

Les formations calcaires ne présentant, d'après les recherches bibliographiques et les relevés de terrain, aucun glissement de terrain, la susceptibilité, comme l'aléa seront considérés comme « supposé nul ».

2.5. MATRICE DE CARACTÉRISATION DE L'ALÉA GLISSEMENT DE TERRAIN

La conjugaison de l'intensité avec la matrice de susceptibilité (Tableau 4) permet de proposer une matrice de caractérisation de l'aléa pour le secteur d'étude (Tableau 7).

Selon les caractéristiques du mouvement de terrains de référence, les parcelles présentant les mêmes caractéristiques (facteurs de prédisposition et déclenchant) devraient présenter un aléa fort.

Intensité / Probabilité d'occurrence	Faible	Modérée	Forte	Majeure
Nulle	1	1	1	1
Faible	1	2	3	4
Moyenne	2	3	3	4
Forte	2	3	4	4

Tableau 7 : Matrice de caractérisation de l'aléa en fonction de l'intensité du mouvement de référence et de la probabilité d'occurrence (DDTM 06, RTM 06, CETE Méditerranée, 2013).

Le degré d'aléa est évalué sur une échelle de 1 à 4 (Tableau 7) :

- 1 = aléa faible ;
- 2 = aléa moyen ;
- 3 = aléa fort ;
- 4 = aléa très fort.

Sur la base de ces éléments, une matrice de caractérisation de l'aléa mouvement de terrain peut être proposée.

Une première matrice sera basée sur la susceptibilité des terrains sans présence de facteurs aggravants (Tableau 8).

Une seconde matrice sera basée sur la susceptibilité en présence de facteurs aggravants (Tableau 9).

Matrice d'aléa	Géologie		Zone d'étude : secteur d'Altkirch - Hirsingue (68)					
			Pentes en %					
			0-6%	6-11%	11-20%	20-30%	30-50%	50-100%
	Formations affleurantes	Fines sur Marnes	Faible	Moyen	Fort	Fort	Fort	Fort
		Lœss (formations fines)	Faible	Faible	Moyen	Fort	Fort	Fort
		Cailloutis Sundgau	Faible	Faible	Faible	Moyen	Moyen	Moyen
		Calcaire	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible

Tableau 8 : Matrice de qualification de l'aléa en fonction des ensembles géologiques et des pentes.

Matrice d'aléa en présence de facteurs aggravants	Géologie		Zone d'étude : secteur d'Altkirch - Hirsingue (68)					
			Pentes (%)					
			0-6%	6-11%	11-20%	20-30%	30-50%	50-100%
	Formations affleurantes	Fines sur Marnes	Moyen	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort
		Lœss (formations fines)	Moyen	Moyen	Fort	Fort	Fort	Fort
		Cailloutis Sundgau	Faible	Faible	Faible	Moyen	Moyen	Moyen
		Calcaire	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible

Tableau 9 : Matrice de qualification de l'aléa en fonction des ensembles géologiques et des pentes en présence de facteurs aggravants

Dans le cas de mouvements de terrains avérés, observés sur le terrain, l'emprise du mouvement de terrain et une marge de sécurité relative à d'éventuelles poursuites de mouvement en aval et d'érosion régressive en amont, sera identifiée en aléa « très fort ».

3. Conclusion

Suite à l'occurrence de 2 glissements de terrains majeurs en 2006 et 2009, le préfet du Haut-Rhin a prescrit, fin 2015, la réalisation d'un PPRN Mvt sur les communes d'Altkirch, de Hirsingue et sur des portions des communes attenantes (Hirtzbach, Carspach, Aspach). La première étape de la réalisation d'un PPRN Mvt est la réalisation de la carte d'aléa pour les glissements de terrain. Le présent rapport est une mise à jour du rapport édité en 2017 ; le précédent rapport devient caduque.

L'étude bibliographique a permis de mettre en évidence les formations les plus susceptibles à l'apparition de glissements de terrain. Sur le secteur d'étude, il s'agit des marnes du Tertiaire, des formations fines (lœss)et des cailloutis du Sundgau.

L'étude bibliographique a également permis de définir des seuils de pente selon une étude ancienne réalisée à proximité du secteur d'étude.

Un PPR MVT ayant été réalisé par le passé (Audru & Messin, BRGM/RP-50292-FR, 2000) dans une vallée voisine présentant un contexte géomorphologique et géologique similaire à la zone d'étude, une approche statistique à partir des glissements de terrain recensés en base de données a permis d'établir que les seuils de pente issus de cette étude sont cohérents avec le contexte local et peuvent donc être utilisés dans le cadre d'une qualification de l'aléa.

Ces éléments ont permis d'établir une matrice de susceptibilité basée sur la caractérisation de la lithologie et de la pente. De manière locale, la susceptibilité pourra être ajustée en fonction du recensement sur le terrain ou en bibliographie de facteurs aggravants (glissements de terrain connu, présence d'eau, ...).

L'intensité attendue des glissements de terrain sur ce secteur, pour chaque ensemble géologique pouvant être impactée par des glissements de terrain, a été définie selon les informations obtenues en bibliographie ou observées sur le terrain.

Le croisement de la susceptibilité et de l'intensité attendue sur le secteur d'étude permet d'obtenir une matrice de caractérisation de l'aléa selon la lithologie et la pente.

4. Bibliographie

Audru, J.-C., & Messin, M. (2000) - Plan de prévention des risques naturels pour les vallées de la Largue et du Trautbach (68) : cartographie de l'aléa mouvement de terrain.

Audru, J.-C., & Messin, M. (2000) - Plan de prévention des risques naturels pour les vallées de la Largue et du Trautbach (68) : cartographie de l'aléa mouvement de terrain. BRGM/RP-50292-FR.

Cruz-Mermy, D. (2009) - Glissement de terrrain lotissement domaine de l'Illberg à Altkirch (68). Rapport final.

Cruz-Mermy, D., & Perrin, T. (2005) - Inventaire départemental des mouvements de terrain du Haut-Rhin. Rapport final.

DDTM 06, RTM 06, CETE Méditerranée. (2013) - Méthode de qualification des aléas dans le cadre de l'élaboration des PPR mouvements de terrain et traduction réglementaire.

Maurin, G., & Messin, M. (2000) - Plan de Prévention des Risques naturels de la vallée de la Largue (Haut-Rhin). Évaluation et cartographie de l'aléa mouvements de terrain. BRGM/RP-40823-FR.

Maurin, G., & Messin, M. (2000) - Plan de Prévention des Risques naturels de la vallée de la Largue (Haut-Rhin). Évaluation et cartographie de l'aléa mouvements de terrain.

Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement - Ministère de l'Équipement des Transports et du Logement. (1999) - Guide Méthodologique - Plan de prévention des risques naturels (PPR) - Risques de Mouvements de terrain. La Documentation Française.

Theobald, N. (1958) - Carte géologique d'Altkirch (445) et sa notice. Service Géologique d'Alsace Lorraine.

Annexe 1

Mouvements de terrain recensés lors de l'étude bibliographique

ID	Lieu	Date	Geologie concernee	Divers	Pente (%)	Précision
1	Huningue (68149)	1896/01/01	Limons recents	?	0-6 %	Commune
2	Hagenthal le bas (68120) D 12 b vers Leymen, avant le virage à gauche avant la lisiere de la foret	2002/01/01	Couche supérieure de loess-lehms.	Le talus de la route s'est affaisse sur une cinquantaine de metres.	27	Décamètre
3	Leymen (68182) Eichfeld, virage de la D 12 b	2003/01/01	Chattien et Rupelien superieur - Sables et gres calcaires micaces (Molasse alsacienne).	La D12 b a ete refaite dans ce virage sur une longueur de 40 m	15	Décamètre
4	Hagenthal le haut(68121) Route de Bettlach (D12 b IV	1930/04/15	Stampien superieur (Chattien superieur) : Marnes à Cyrenes et Molasse alsacienne + coluvions	Un premier glissement mineur fut suivi (apres averses) par un glissement majeur (arbres et route emportes).	9	Hectométrique
5	Hagenthal le haut (68121) D 12 b IV, entre Hagenthal-le-haut et Bettlach, entre les points cotés 483 et 500.	1990/01/01	Loess et cailloutis du Sundgau	?	20	Décamètre
6	Linsdorf (68187) Talus le long de la route communale entre Linsdorf et Bettlach (parallèle à la D12bIV)	1999/01/01	Stampien superieur (Chattien supérieur) : Marnes à Cyrenes et Molasse alsacienne + coluvions	?	11	Kilomètre
7	Muespach (68221) Au niveau de l'ancienne gare, lors de sa construction.	1924/01/01	Stampien superieur (Chattien superieur) : Marnes à Cyrenes et Molasse alsacienne + coluvions	La zone n'est pas stabilisée. La route est affaissée sur une centaine de mètres et l'on détecte quelques fissures sur les bâtiments alentour.	7	Décamètre
8	Pfetterhouse (68257)	1996/12/21	Colluvions et loess sur Kimmerigien inferieur : Calcaires crayeux à Cardium. Calcaires à Terebratules massifs à passees marneuses	Glissement consecutif a la creation d'un chemin forestier.	25	Décamètre
9	Seppois le bois (68305) camping	1990/02/21	Cailloutis de Sundgau		12	Hectométrique
10	Seppois le bois (68305) Le long de l'ancienne voie ferée, servant désormais de piste cyclable.	1910/01/01	Colluvions et eboulis	Lors des travaux de construction de la voie ferree	20-30%	Kilomètre
11	Hirsingue (68138) D 432 entre Hirtzbach et Hirsingue	2002/06/21	Marnes (g2Sg)+Colluvions (Cp2)	?	15	Décamètre
12	Strueth (68330) Loupe de glissement dans le talus de la route, vers l'ouest, après le reservoir d'eau.	1950/01/01	Loess et lehm anciens	?	5	Hectométrique
13	Fulleren (68100)Sur et autour de la D16, dans le bois a la sortie du village, en allant vers Carspach.	1899/12/31	Alluvions et cailloutis du Sundgau + limons	L'ensemble du versant est affecte par ce glissement lent et pratiquement permanent. Deux affaissements lies au glissement se trouvent dans les environs, l'un datant de 25-35 ans et l'autre de 1999, de 60-80 cm de rejet vertical.	19	Hectométrique
14	Retzwiller (68268) Traubacherweg, Marterweg. Limite communale avec Wolfersdorf.	2003/01/01	Marnes à Cyrenes sous les alluvions du Sundgau	?	17	Hectométrique

15	Heidwiller (68127) espen	1985/01/01	Marnes à cyrenes et molasse Alsacienne	La route d'Aspach a ete coupee par ce glissement.	7	Décamètre
16	Sternenberg (68326) Point coté 353 à la sortie ouest du village.	1998/01/01	Marnes à cyrenes	La rupture a du se faire à 1m de profondeur, ou se situe une couche de marne pourrie et tres instable.	9	Décamètre
17	Soppe le bas (68313) Haule	1951/01/01	Formations de solifluxion sur marnes olygocenes	Ces dimensions correspondent a la zone de glissement reconnue dans les POS de la commune. L'ensemble du versant est concerné (irrégularités du relief) mais il n'y a pas de délimitation précise du mouvement.	17	Hectométrique
18	Traubach le haut (68337) D14b entre Traubach et Guevenaten, virage dans la forêt.	1997/01/01	Sundgau sur Stampien moyen et inférieur - Marnes à Melettes, Schistes à Amphysiles, Marnes à Foraminiferes ou Stampien	Route fermee pendant 15 jours.	11	Hectométrique
19	Eteimbes (68085) sur le bord de la departementale	1990/02/14	Nombreux affleurements de marnes oligocènes altérées et recouvertes de coluvions loessiques. Formations supposée mise en jeu lors du glissement.	?	10	Commune
20	Soppe le haut (68314) Kirchacker	1980/01/01	Le terrain se compose de formations de solifluxion (marnes oligocenes altérées, loess, colluvions) sur des marnes	?	8	Hectométrique
21	Guewenheim (68115) Route en lacets au Nord de Guewenheim, souvent emportée vers le S.E.	1950/01/01	Eocene supérieur et Oligocene : Oligocene indifferencié du Fosse-rhenan Serie grise : silts argileux et calcareux à rares intercalations de gres et de conglomerats	Nombreux glissements coupant ou emportant la route. L'ensemble du coteaux semble (avoir été) instable	16	Hectométrique
22	Rhoderen (68279) Rue de Thann	1990/02/15	Serie grise et conglomerats	Sur ce meme talus, 20 m en contrebas, se trouve apparemment un autre glissement similaire plus ancien, long de 8m, large de 10, haut de 5 m et profond de1	34	Décamètre
23	Rhoderen (68279) Rue des charmes	1990/02/14	Serie grise et conglomerats	La rue a ete coupee une semaine	19	Décamètre
24	Thann (68334) Rue Kleber, glissement du talus sud-ouest (deblai).	2002/01/01	Conglomerats (serie gris sous jacente)	?	20	Décamètre
25	Thann (68334)Kesteurain	2001/09/01	Conglomerats (serie gris sous jacente)	?	10	Hectométrique

26	Uffholtz (68342) Froschimmel, Obere Straenge	2003/01/01	Conglomerats (serie gris sous jacente)	Seule la surface du sol (remblais) a glissé/coulé.	8	Mètre
27	Wattwiller (68359) Lehmatten	1970/01/01	Quaternaire : Formations alluviales s.s. :Alluvions relativement grossières : galets, graviers et sables :Alluvions d'age riss (galets alteres a non alteres) Sur marno-calcaire	?	8	Hectométrique
28	Wattwiller (68359) Entre Thalmatten et le Rocher du Quartzite	1983/01/01	Formation superficielle à blocs du piedmont vosgien: blocs de nature variee et matrice sableuse ou	Les traverses d'ecoulement de l'eau avaient ete mal refaites sur le chemin au-dessus et l'eau s'est concentree vers l'endroit du mouvement	16	Hectométrique
29	Wattwiller (68359) Les Châtaigniers	1990/01/01	Roches sedimentaires (eocene et oligocene:conglomerats) + colluvions Serie	Le fosse de la route 15m en amont s'est deverse dans ce verger (à cause d'un embacle a l'entree de la partie busee) et a alimente le glissement en eau.	17	Décamètre
30	wattwiller (68359)	1990/02/01	Roches sédimentaires (eocene et oligocene:conglomerats) + colluvions Serie	?	33	Hectométrique
31	wattwiller (68359)	1972/12/01	Le sol a glisse sur une couche de glaise à 1,5m de profondeur.	A la base de la loupe de glissement, la terre est remontee à la surface de l'etang (ilots hauts de 65 cm depuis le fond) Toute la partie glissee (et alentours) a ete boisee. Un deboisement et le creusement d'un etang ont destabilise le sol à la base du	20	Décamètre
33	Altkirch 68004 Bas de la colline du Roggenberg. Mur de soutenement derrière le groupe scolaire de la rue de Ferrett	1970/02/19	Marnes à cyrenes et molasse Alsacienne sous eboulis	Glissement de talus	32	Mètre
34	RD 432 entre Altkirch et Carspach	1960/01/01	eboulis		14	Mètre
35	Altkirch 68004 rue de l'Illberg et rue des Sources (lotissement domaine de l'Illberg)	2006	Marnes (g2Sg)+Colluvions (Cp2)	Mouvement de référence	14	Mètre
36	Altkirch 68004 rue de l'Illberg et rue des Sources (lotissement domaine de l'Illberg)	2009/12	Marnes (g2Sg)+Colluvions (Cp2)	Mouvement de référence	18	Mètre
37	Versant au nord de la D 432 Hirtzbach (68139)	2000/01/01	Eboulis et Marnes oligocènes	?	25	Décamètre
38	Sud altkirch	?	Eboulis		11-20%	
39	Bois St georges	?	Eboulis		11-20%	
40	Le Watchenberg	?	Eboulis		6-11%	
41	Uberstrass	?	Cailloutis-loess		11-20%	
42	Friesen	?	Cailloutis Loess		11-20%	
43	Altkirch 68004 Derrière le garage peugeot	2004-2005	Marnes	Pendant travaux, affaissement talus remblais en raison talutage trop raide et mauvaise gestion des écoulements	15	

Glissement dans les formation du Sündgau
Glissement dans les formations du piémont vosgien (légérement différentes de celles de la zone d'étude)
Glissements se situant dans le périmètre d'étude

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34 - **www.brgm.fr**

Direction régionale Grand Est
Délégation de Strasbourg
Parc d'Activité Porte Sud – Bât H1
Rue Pont du Péage
67118 – Geispolsheim – France
Tél. : 03.88.77.48.90