



**Commune de Tramelan  
Office des ponts et chaussées du canton de  
Berne, Arrondissement d'ingénieur en chef III,  
Office des forêts du canton de Berne, Division  
des dangers naturels**

## **DANGERS NATURELS COMMUNE DE TRAMELAN**

### **Rapport relatif à la carte des dangers**

Liebefeld, 15.9.2011  
BE07344 / HST

CSD Ingénieurs et Géologues SA  
Hesstrasse 27d  
CH-3097 Liebefeld  
Tél. +41 31-970 35 35  
Fax +41 31-970 35 36  
bern@csd.ch  
www.csd.ch

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
1.1 Situation initiale et mandat.....	1
1.2 Objectifs.....	1
1.3 Elaboration.....	2
<b>2. PÉRIMÈTRE D'ÉVALUATION.....</b>	<b>2</b>
2.1 Périmètre A: zone habitée (carte des dangers).....	2
2.1.1 Degrés de danger.....	3
2.1.2 Traçabilité.....	5
2.1.3 Archivage des données.....	5
2.2 Périmètre B: reste du territoire communal (carte indicative des dangers).....	5
<b>3. VUE D'ENSEMBLE DU PÉRIMÈTRE D'ÉVALUATION .....</b>	<b>5</b>
3.1 Délimitation des zones .....	5
3.2 Géologie, hydrogéologie, géomorphologie.....	5
3.3 Hydrologie.....	6
3.4 Indications relatives aux dangers.....	7
3.5 Cadastres des événements .....	7
<b>4. MÉTHODOLOGIE .....</b>	<b>8</b>
4.1 Méthode générale.....	8
4.2 Dangers hydrologiques.....	8
4.3 Glissements de terrain, coulées de boue.....	9
4.3.1 Glissements permanents.....	9
4.3.2 Coulées de boue et glissements spontanés.....	9
4.4 Processus de chutes.....	10
4.5 Affaissements, effondrements, dolines .....	11
<b>5. ÉVALUATION DES DANGERS DANS LE PÉRIMÈTRE A .....</b>	<b>12</b>
5.1 Dangers hydrologiques.....	12
5.1.1 La Trame.....	12
5.1.2 Le Gô .....	13
5.1.3 Ruisseau sans nom près du STEP.....	13
5.2 Coulées de boue et glissements spontanés.....	14
5.2.1 La Paule .....	14
5.2.2 Tramelan, Rue de Virgile Rossel / Sous le saucy .....	14
5.2.3 Tramelan, Combe des Arses.....	15
5.2.4 Tramelan, Sur la Vigne / Pâturage de l'Envers.....	16
5.2.5 Tramelan Dessous, Varines.....	16
5.2.6 Tramelan Dessous, Fin du Tilleul.....	17
5.2.7 Moulin Brûlé .....	18

5.3	Glissements permanents.....	19
5.3.1	<i>Les Reussilles.....</i>	19
5.3.2	<i>Tramelan – Sur la vigne.....</i>	19
5.3.3	<i>Tramelan-Dessous, versant Nord.....</i>	20
5.3.4	<i>Tramelan-Dessous II.....</i>	21
5.3.5	<i>Moulin Brûlé.....</i>	21
5.4	Chute des pierres.....	22
5.4.1	<i>Plain des Reussilles.....</i>	22
5.4.2	<i>Sous le Saucy.....</i>	23
5.4.3	<i>Varines – sur le Château.....</i>	24
5.4.4	<i>Combe des Arses.....</i>	24
5.5	Affaissements / effondrements.....	25
<b>6.</b>	<b>ÉVALUATION DES DANGERS DANS LE PÉRIMÈTRE B.....</b>	<b>25</b>
<b>7.</b>	<b>DANGERS ET MESURES DE PROTECTION.....</b>	<b>26</b>
7.1	Généralités.....	26
7.1.1	<i>Entretien et contrôle.....</i>	27
7.1.2	<i>Planification d'urgence.....</i>	27
7.1.3	<i>Mesures passives.....</i>	27
7.1.4	<i>Mesures actives.....</i>	27
7.2	Objets situés dans la zone de danger bleue ou rouge.....	28
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONS.....</b>	<b>29</b>
8.1	Situation de danger actuelle.....	29
8.2	Mise en œuvre et application de la carte des dangers.....	29
8.3	Durabilité de la carte des dangers.....	29
<b>9.</b>	<b>DOCUMENTATION DE BASE.....</b>	<b>30</b>
9.1	Documentation générale.....	30
9.2	Documentation spécifique aux dangers naturels.....	30
9.3	Rapports techniques.....	32

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Personnes chargées d'élaborer la carte des dangers.....	2
Tableau 2	Relation entre la période de retour, la probabilité et la fréquence.....	3
Tableau 3	Intensité des événements.....	3
Tableau 4	Signification des degrés de danger.....	4
Tableau 5	Situation de danger des bâtiments et groupes de bâtiments habités dans le périmètre B (indication de danger vérifiée).....	26
Tableau 6	La prise en compte des dangers naturels dans l'aménagement (Guide pour l'aménagement local – édition 2009).....	27
Tableau 7	Mise en danger par des phénomènes hydrologiques.....	28
Tableau 8	Mise en danger par des glissements de terrain ou des coulées de boue.....	28
Tableau 9	Mise en danger par des affaissements, des effondrements, des dolines.....	28

## LISTE DES FIGURES

Figure 1	Matrice intensité-probabilité.....	4
----------	------------------------------------	---

## ANNEXES

Annexe A	Schéma relatif à l'évaluation des coulées de boue (méthode DNG, 2004)
Annexe B	Schéma relatif à l'évaluation des glissements permanents (méthode DNG, 2004)
Annexe C	Documentation photographique relative aux dangers d'inondations
Annexe D	Documentation photographique relative aux mouvements de terrain et aux affaissements
Annexe E	Situation et coupes géologiques (région Tramelan – Vallée de Tavannes)
Annexe F	Carte des phénomènes : Processus affaissement

## ANNEXES CARTOGRAPHIQUES

Annexe 1	Carte des dangers d'inondations 1 :5'000
Annexe 2	Carte des dangers de coulées de boue / glissements spontanés et d'affaissements 1 :5'000
Annexe 3	Carte des dangers de chutes et de glissements continus 1 :5'000
Annexe 4	Carte synoptique des dangers 1 :5'000
Annexe 5	Carte indicative des dangers naturels du périmètre B 1 :10'000
Annexe 6	Carte d'intensité des dangers d'inondations – période de retour <30 ans 1 :10'000
Annexe 7	Carte d'intensité des dangers d'inondations – période de retour de 30 à 100 ans 1 :10'000
Annexe 8	Carte d'intensité des dangers d'inondations – période de retour de 100 à 300 ans 1 :10'000

## **Préambule**

CSD confirme par la présente avoir exécuté son mandat avec la diligence requise. Les résultats et conclusions sont basés sur l'état actuel des connaissances tel qu'exposé dans le rapport et ont été obtenus conformément aux règles reconnues de la branche.

CSD se fonde sur les prémisses que:

- le mandant ou les tiers désignés par lui ont fourni des informations et des documents exacts et complets en vue de l'exécution du mandat,
- les résultats de son travail ne seront pas utilisés de manière partielle,
- les résultats de son travail ne seront pas utilisés sans avoir été réexaminés pour un but autre que celui convenu ou pour un autre objet ni transposés à des circonstances modifiées.

Dans la mesure où ces conditions ne sont pas remplies, CSD décline toute responsabilité envers le mandant pour les dommages qui pourraient en résulter.

Si un tiers utilise les résultats du travail ou s'il fonde des décisions sur ceux-ci, CSD décline toute responsabilité pour les dommages directs et indirects qui pourraient en résulter.

## 1. INTRODUCTION

### 1.1 Situation initiale et mandat

Les communes de la vallée de Tavannes et la commune de Tramelan ont décidé de commander une évaluation des dangers. La direction technique du projet incombe à l'Office des ponts et chaussées du canton de Berne, représenté par l'Arrondissement d'ingénieur en chef III, et à l'Office des forêts du canton de Berne, représenté par la Division des dangers naturels. Le projet se fonde sur la Loi cantonale sur l'entretien et sur l'aménagement des eaux du 14 février 1989, sur l'Ordonnance cantonale sur l'aménagement des eaux du 15 novembre 1989, ainsi que sur la Loi cantonale sur les forêts du 5 mai 1997 et sur l'Ordonnance cantonale sur les forêts du 29.10.1997.

Conformément à l'article 39 de l'Ordonnance cantonale sur les forêts, il incombe aux communes d'établir une carte signalant les dangers naturels ainsi que les risques en découlant pour la population et les biens d'une valeur notable. Les communes tiennent compte des cartes des dangers lors de la planification de l'affectation, de l'octroi de permis de construire et de toute activité ayant des effets sur l'organisation du territoire.

Par courrier du 14 juillet 2008, les communes susmentionnées et l'Office des ponts et chaussées du canton de Berne ont chargé la société CSD Ingénieurs et Géologues SA d'élaborer une carte des dangers sur la base de l'offre de CSD SA du 20 août 2008.

### 1.2 Objectifs

Il s'agit d'atteindre les objectifs suivants:

- identifier, documenter et évaluer (qualitativement et quantitativement) les dangers découlant des phénomènes hydrologiques, de glissements de terrain/coulées de boue et de chutes de pierres pour la zone habitée (périmètre A, selon le périmètre de planification);
- élaborer des cartes des dangers pour les groupes de phénomènes dangers hydrologiques, glissements de terrain/coulées de boue et chutes de pierres pour le périmètre A;
- élaborer une carte synoptique des dangers répertoriant tous les phénomènes dangereux pour le périmètre A;
- élaborer une carte synoptique indicative des dangers (CID) plausibilisée pour le périmètre B (reste du territoire communal exploité);
- élaborer des recommandations sur les mesures à prendre et les éventuelles conditions d'utilisation, notamment en matière de protection d'objets;
- réaliser une expertise globale des dangers (carte des dangers avec texte d'accompagnement) conformément aux directives des services cantonaux compétents.

La carte des dangers sert de base technique à la commune pour l'aménagement du territoire, la planification de l'affectation du sol, la planification d'urgence et la planification de mesures techniques de protection des objets ainsi que d'autres mesures de protection relatives à des phénomènes déterminés.

## 1.3 Elaboration

**Tableau 1 Personnes chargées d'élaborer la carte des dangers**

Office des ponts et chaussées du canton de Berne (OPC), Arrondissement d'ingénieur en chef III	J. Bucher, ingénieur des cours d'eau	Service cantonal Dangers hydrologiques
Office des forêts du canton de Berne (OFOR), Division des dangers naturels	J. Häberle, géologue	Service cantonal Mouvements de terrain
CSD Ingénieurs et Géologues SA	H. Steiner, géologue	Chef de projet
Christoph Lehmann Géomorphologie, hydrologie	Chr. Lehmann, géomorphologue, hydrologue	Chef de projet suppléant Phénomène dangers hydrologiques
	Peter Schmocker, ingénieur en génie rural	Phénomène dangers hydrologiques (modélisation 2D)
	T. Ninck, géologue	Phénomènes de glissements de terrain, de coulées de boue, de chutes de pierres et d'affaissements
	G. Chevalier, géologue	Phénomènes de glissements de terrain et de coulées de boue
	S. Fenner, géologue	Cartographie SIG

## 2. PÉRIMÈTRE D'ÉVALUATION

### 2.1 Périmètre A: zone habitée (carte des dangers)

Le périmètre A englobe tous les bâtiments et toutes les zones habitées à l'année. En règle générale, il correspond au périmètre de planification. Dans le périmètre A, tous les phénomènes dangereux importants sont identifiés, et les conditions en présence sont examinées en détail. L'identification des phénomènes dangereux se fonde avant tout sur le cadastre des événements (documentation des événements), qui fournit des informations sur le lieu, l'intensité, la fréquence et l'impact des événements ayant déjà eu lieu.

Les dangers sont identifiés pour chaque phénomène. Le degré de danger d'une surface dépend de la probabilité d'occurrence et de l'intensité des événements possibles. La carte synoptique des dangers est obtenue par la superposition des cartes des dangers relatives aux différents phénomènes. Pour chaque point dans le périmètre A, elle indique quels phénomènes dangereux peuvent survenir et avec quelle intensité.

La carte des dangers relative à un phénomène indique le scénario présentant le degré de danger le plus élevé d'après la matrice intensité-probabilité pour le phénomène concerné (figure 1).

La carte synoptique des dangers répertorie le phénomène présentant le degré de danger le plus élevé.

### 2.1.1 Degrés de danger

Les dangers naturels sont évalués à l'aide d'une matrice des degrés de danger, qui indique le niveau de menace pour chaque type de danger en fonction de l'intensité d'un événement et de sa probabilité d'occurrence (fréquence ou période de retour). La matrice des degrés de danger, ou matrice intensité-probabilité, compte trois degrés de danger. Ceux-ci indiquent le niveau de mise en danger pour l'homme, les animaux et les biens de grande valeur.

#### Probabilité d'occurrence des événements

La probabilité d'occurrence des événements est répartie en trois classes. Les événements peuvent également être décrits à travers leur période de retour ou leur fréquence.

**Tableau 2 Relation entre la période de retour, la probabilité et la fréquence**

Période de retour	Probabilité	Fréquence
1 – 30 ans	élevée	élevée
30 – 100 ans	moyenne	moyenne
100 – 300 ans	faible	faible

#### Intensité des événements

Le tableau ci-dessous permet d'attribuer à chaque phénomène la classe d'intensité correspondante.

**Tableau 3 Intensité des événements**

Phénomène	Intensité faible	Intensité moyenne	Intensité forte
Crue (inondation, y compris débordement alluvial)	$h < 0,5 \text{ m}$ ou $v \times h < 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$	$0,5 \text{ m} < h < 2 \text{ m}$ ou $0,5 \text{ m}^2/\text{s} < v \times h < 2 \text{ m}^2/\text{s}$	$h > 2 \text{ m}$ ou $v \times h > 2 \text{ m}^2/\text{s}$
Erosion des rives	$d < 0,5 \text{ m}$	$0,5 \text{ m} < d < 2 \text{ m}$	$d > 2 \text{ m}$
Glissement permanent	$v < 2 \text{ cm/an}$	$2 < v < 10 \text{ cm/an}$	$v > 10 \text{ cm/an}$
Coulée de boue	$M < 0,5 \text{ m}$	$0,5 \text{ m} < M < 2 \text{ m}$	$M > 2 \text{ m}$
Chute de pierres/de blocs	$E < 30 \text{ kJ}$	$30 \text{ kJ} < E < 300 \text{ kJ}$	$E > 300 \text{ kJ}$
Effondrement/dolines	disposition existante	présence de dolines	-

h = hauteur de la coulée/du dépôt  
M = épaisseur de la couche mobilisable

v = vitesse      d = épaisseur de la couche érodée  
E = énergie

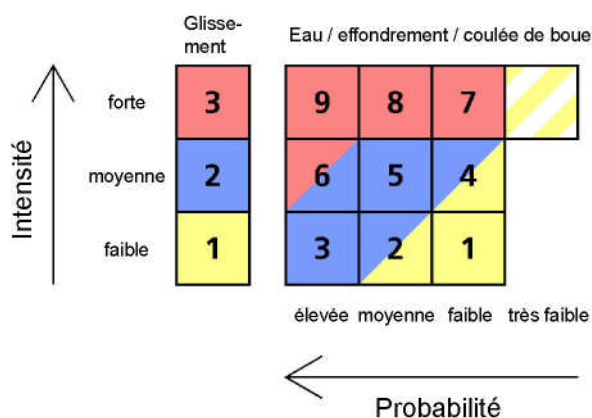
#### Matrice intensité-probabilité

Un degré de danger est attribué à chaque phénomène en fonction de sa probabilité d'occurrence et de son intensité.



Figure 1 Matrice intensité-probabilité

### Matrice intensité-probabilité (Matrice des degrés de danger)



### Signification des degrés de danger

Tableau 4 Signification des degrés de danger

	Degré de danger	Signification
<b>rouge</b>	<b>Danger élevé</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Les personnes sont en danger aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments.</li> <li>Il faut s'attendre à la destruction soudaine de bâtiments.</li> </ul>	<b>Zone d'interdiction</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aucune zone à bâtir ne doit être autorisée. Aucune construction ni installation n'est autorisée.</li> <li>Les zones à bâtir non construites doivent être déclassées.</li> <li>Les transformations et changements d'affectation ne sont en principe pas autorisés.</li> <li>Pour les zones d'habitation existantes présentant un déficit flagrant de protection, il faut, dans la mesure du possible, prévoir des mesures de protection.</li> </ul>
<b>bleu</b>	<b>Danger moyen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Les personnes sont surtout menacées à l'extérieur des bâtiments.</li> <li>Il faut s'attendre à des dégâts aux bâtiments, mais non à leur destruction soudaine.</li> </ul>	<b>Zone de réglementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Des zones à bâtir sont autorisées uniquement dans des cas exceptionnels (p. ex. pour combler des lacunes de construction).</li> <li>Les transformations sont autorisées à condition qu'elles ne mettent pas en danger davantage de personnes.</li> <li>Il ne faut pas y implanter des objets particulièrement sensibles.</li> <li>Dans cette zone, des mesures de précaution appropriées doivent être observées en matière de construction, afin de réduire les dommages causés par les événements naturels.</li> </ul>
<b>jaune</b>	<b>Danger faible</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le danger pour les personnes est faible.</li> <li>Il faut s'attendre à de faibles dégâts aux bâtiments.</li> <li>Des dommages matériels peuvent survenir à l'intérieur des bâtiments.</li> </ul>	<b>Zone de sensibilisation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Il convient d'attirer l'attention des propriétaires fonciers sur les dangers existants et sur les mesures possibles.</li> <li>Pour les objets sensibles, des mesures spéciales doivent être planifiées.</li> </ul>
<b>hachuré jaune- blanc</b>	<b>Danger résiduel</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Danger avec une faible probabilité d'occurrence et une forte intensité.</li> <li>Un danger résiduel est mis en évidence.</li> </ul>	<b>Zone de sensibilisation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Il faut planifier des mesures pour les objets particulièrement sensibles.</li> <li>Il faut éviter de construire des installations présentant un potentiel de dommages élevé dans cette zone.</li> </ul>

### 2.1.2 Traçabilité

Les documents de base nécessaires à l'évaluation des dangers, à savoir la documentation des événements, les résultats des études, projets et mesures de protection antérieurs, ainsi que les conclusions tirées des observations faites sur le terrain, sont décrits et documentés au chapitre 5 («Evaluation des dangers»).

### 2.1.3 Archivage des données

L'ensemble des données relevées et représentées ont été saisies conformément au modèle de données du canton de Berne et sont archivées auprès de la Division des dangers naturels de l'Office des forêts du canton. Les cartes des dangers sont archivées auprès des communes, des services cantonaux compétents et sur Internet (Géoportail du canton de Berne).

## 2.2 Périmètre B: reste du territoire communal (carte indicative des dangers)

Le périmètre B englobe le reste du territoire communal exploité. La situation en matière de dangers naturels est évaluée pour chaque zone/bâtiment habité-e à l'année ou pendant une partie de l'année au moyen des cartes indicatives des dangers disponibles, de la documentation des événements et d'un contrôle global effectué lors de visites d'observation sur le terrain. Cette situation est ensuite documentée dans la carte synoptique indicative des dangers à titre indicatif (voir chapitre 6).

## 3. VUE D'ENSEMBLE DU PÉRIMÈTRE D'ÉVALUATION

### 3.1 Délimitation des zones

La délimitation des zones a été effectuée par les services cantonaux compétents en accord avec les communes. Le périmètre A englobe les espaces bâtis ainsi que les zones inférieures des versants adjacents, dans la mesure où il faut s'attendre à des événements importants dans ces zones. La surface restante, qui constitue la plus grande partie du territoire communal, est attribuée au périmètre B.

Dans le périmètre A, les dangers sont évalués conformément aux directives de la Confédération (cartes des dangers pour chaque phénomène dangereux et carte synoptique des dangers). Les différentes zones sont classées en fonction de leur degré de danger.

Dans le périmètre B, les dangers sont évalués à titre indicatif pour des objets menacés ponctuels. Pour chacun de ces objets, il est indiqué quels phénomènes dangereux peuvent se produire. La probabilité et l'intensité des événements possibles ne sont ni évaluées ni représentées.

### 3.2 Géologie, hydrogéologie, géomorphologie

L'annexe E donne un aperçu des conditions géologiques dans le périmètre d'évaluation. Les structures des plis et les formations superficielles sont visibles dans les coupes géologiques.

Les roches du Malm sont principalement composées de calcaire du Kimméridgien et du Portlandien. Elles se présentent souvent sous forme de calcaires massifs ou à gros bancs. Cependant, dans le Portlandien en particulier, on trouve également des calcaires tabulaires, mal lités et en partie friables. Sur les flancs de la vallée, la roche est en général recouverte par des dépôts détritiques et des éboulis de pente de faible épaisseur.

La molasse d'eau douce inférieure est principalement composée de calcaires d'eau douce delémontiens, de molasse alsacienne et de calcaires d'eau douce (de Matzendorf). Elle se caractérise par une alternance rapide de couches d'argile, de marne et de calcaires d'eau douce avec quelques zones sableuses. Dans la molasse marine supérieure, on trouve avant tout du sable graveleux, du poudingue polygénique, du grès coquillier et de la molasse grise (grès à mica). Dans la molasse d'eau douce supérieure suivent ensuite du calcaire d'eau douce et des conglomérats.

La roche de molasse est habituellement altérée jusqu'à plusieurs mètres de profondeur. La teneur en sable et en argile de la couche altérée, généralement limoneuse, varie en fonction de la formation de la roche. On relève souvent la présence de concrétions de calcaire.

Les zones supérieures des flancs de la vallée, escarpés et en grande partie boisés, sont uniquement recouvertes d'une couche de roche meuble de faible épaisseur. Dans la zone de transition vers le terrain plat, qui présente une rupture de pente marquée, on observe souvent des dépôts d'éboulis de pente et, à certains endroits, d'éboulis de roche. Plus bas en direction de la vallée, la morphologie est caractérisée en de nombreux endroits par la présence d'une bande d'éboulis de pente/limon de pente (colluvion) déplacés. Cette bande est souvent composée d'une couche d'altération argilo-limoneuse, de lentilles de gravier et de débris de calcaire. Les matériaux sont souvent glissés et leur épaisseur peut aller de quelques mètres jusqu'à 20 mètres.

Au-dessus et en partie à l'intérieur de cette zone se trouvent de nombreuses émergences de sources. On y observe également des morphologies de glissement marquées avec des niches d'arrachement et des bourrelets. La majorité des sources présentes au niveau de la transition Malm / Tertiaire et Malm / limon de pente sont des sources de débordement. Les débits des sources peuvent réagir rapidement aux précipitations en raison des karstifications dans les calcaires marneux. Les émergences de sources présentes au niveau du limon de pente ont pour la plupart un petit bassin versant, d'où des débits faibles. Les émergences de sources plus importantes se trouvent dans l'éboulis de pente, qui a en général une bonne perméabilité. Les émergences de sources sont vraisemblablement alimentées par des apports d'eau provenant des anticlinaux de calcaire marneux karstifiés.

Plus bas en direction de la vallée, sous la couche d'altération, suivent les roches molassiques. Les dépôts les plus récents se trouvent au fond de la vallée (moraine et alluvions).

Les roches et bandes calcaires des anticlinaux constituent les zones d'arrachement pour les éboulements. Les zones d'habitation (périmètre A de la carte des dangers) se trouvent dans les zones situées en contrebas des versants et dans le fond de la vallée. Pour la plupart, elles ne se trouvent donc pas dans la zone d'impact des éboulements.

Les éboulis de pente et le limon de pente déplacés ainsi que la molasse altérée ne possèdent qu'une faible résistance au cisaillement en raison de leur composition limoneuse. Etant donné que ces matériaux collectent les eaux de pente, les glissements de grande ampleur sont fréquents dans cette zone, également sur les pentes de faible inclinaison.

Des phénomènes d'affaissement et d'effondrement se produisent uniquement sur les plateaux reposant sur un sous-sol calcaire et recouverts d'une fine couche de roche meuble. Les zones exposées peuvent être identifiées grâce aux dolines et aux entonnoirs d'effondrement existants.

### 3.3 Hydrologie

Les principaux cours d'eau qui s'écoulent entre les communes de Tramelan/Tavannes et de Court sont la Trame et la Birse, deux rivières de vallée. La Trame prend sa source au sud-ouest de Tramelan et s'écoule vers l'est. Elle traverse les communes de Saicourt et de Saules et poursuit son cours jusqu'à Loveresse, où elle se jette dans la Birse. La Birse, quant à elle, prend sa source au sud de Tavannes (Source de la Birse). Elle s'écoule d'abord en direction du nord, puis de l'est, traverse les communes de Tavannes et Reconvilier et continue jusqu'à Loveresse, où elle conflue avec la Trame. La Birse passe ensuite par Pontenet, Malleray, Bévillard, Sorvilier et Court, puis se dirige vers le nord et traverse les Gorges de Court-Moutier.

Le drainage latéral des deux vallées principales s'effectue par des ruisseaux, mais également de manière souterraine. Les bassins versants des ruisseaux latéraux sont pour la plupart étroits et allongés. On ne trouve souvent de véritables lits qu'en dessous de 800 m d'altitude, ce qui montre que le drainage de ces zones s'effectue lentement.

### 3.4 Indications relatives aux dangers

Sur les cartes indicatives des dangers et les cartes des inondations du canton de Berne, des zones de danger sont délimitées dans chaque commune. Les principaux dangers sont les inondations au fond de la vallée de la Birse et les glissements de terrain permanents de grande ampleur sur les flancs de la vallée. La zone d'impact des phénomènes d'effondrement possibles est en général circonscrite aux parties supérieures des versants. À certains endroits, comme à l'extrémité est de Court, des chutes de pierres peuvent atteindre la vallée. On observe un risque d'effondrement et de formation de dolines partout où le sous-sol est constitué de roches calcaires karstifiées. C'est le cas dans certaines zones des communes de Tramelan et de Saicourt.

Les informations indicatives concernant les mises en danger par des coulées de boue proviennent des modélisations SilvaProtect de l'OFEV. Elles sont basées sur des données de base telles la pente, l'importance du terrain meuble ainsi que la perméabilité. Les coulées de boue se produisent principalement dans les couches de molasse érodées ainsi que dans les argiles de pente. Plus en amont sur les versants latéraux, soit dans les roches et gravats calcaires, les coulées de boue sont plus rares.

### 3.5 Cadastres des événements

Les événements antérieurs ayant eu lieu sur le territoire des communes concernées sont consignés dans les **cadastres des événements de juin 2009** élaborés pour chaque commune. Les informations contenues dans ces cadastres proviennent des bases de données de l'assurance immobilière cantonale et de l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (FNP), ainsi que des archives des offices cantonaux compétents (Office des forêts, Division des dangers naturels, Office des ponts et chaussées, Arrondissement d'ingénieur en chef III). La plupart des informations ont été fournies par la Division forestière 8 ou sont tirées de discussions menées avec des personnes de contact dans les communes concernées.

## 4. MÉTHODOLOGIE

### 4.1 Méthode générale

#### Etat des lieux et analyse des événements

- Recherche, analyse et évaluation des documents existants
- Evaluation des événements historiques
- Etat des lieux géologique, géomorphologique, hydrogéologique et hydrologique
- Relevés terrestres (cartographie des phénomènes)
- Inventaire et évaluation des ouvrages de protection et des mesures de protection existants
- Elaboration de scénarios de base pour chaque phénomène dangereux (Que peut-il arriver?)

#### Analyse des effets des phénomènes

- Détermination de la probabilité et de l'intensité des événements possibles pour chaque phénomène dangereux compte tenu des ouvrages de protection et des mesures de protection existants
- Localisation et délimitation des zones d'impact
- Représentation des résultats dans des cartes des dangers spécifiques à chaque phénomène et dans des cartes d'intensité (inondations)

#### Déficits de protection, catalogue de mesures

- Elaboration de mesures générales
- Définition de conditions d'utilisation du territoire et de mesures de protection d'objets

### 4.2 Dangers hydrologiques

#### Précipitations

Dans le périmètre étudié, le phénomène inondation est le plus important. Des coulées de boue de faible ampleur surviennent localement dans certains petits affluents des versants du Jura. Situées à proximité du périmètre du projet, les stations de mesure de Bellelay et de Moutier se tiennent à disposition pour calculer les précipitations déterminantes à prendre en compte dans les méthodes d'estimation.

#### Débits

Pour évaluer le danger d'inondation dû aux cours d'eau, il s'agit de déterminer les pics de crues et les courbes de crues correspondantes. Les débits de crues sont calculés de manière approximative grâce à diverses méthodes d'estimation. Toutefois, ces méthodes fournissant rarement des résultats utilisables, les valeurs de crues définitives sont estimées au moyen d'une vérification géomorphologique-hydraulique supplémentaire.

Les débits sont d'abord estimés approximativement avec le paquet de programmes HAKESCH. Les méthodes d'estimation fournissent souvent des valeurs trop élevées, et parfois également des valeurs trop basses, car elles ne tiennent pas compte des caractéristiques géomorphologiques et de la capacité hydraulique des ruisseaux.

Lors de l'analyse géomorphologique et hydraulique, on part du principe que l'apparence actuelle d'un cours d'eau représente le résultat de son activité dans l'histoire récente (à savoir au cours des derniers siècles). On suppose que des événements de crue fréquents avec une période de retour de 1 à 30 ans ne modifient pas la morphologie du ruisseau et que l'eau s'écoule dans la plupart des cas sans causer de dégâts.

Pour les rares événements de crue avec une période de retour de 100 à 300 ans (HQ300), les débits estimés sont en général très peu fiables. Il n'existe aucune méthode permettant de calculer cette valeur de débit de manière fiable. Ainsi, les valeurs figurant dans le présent rapport sont plus précises que celles obtenues au moyen des méthodes d'estimation actuelles.

### **Modélisation hydraulique**

Des modélisations hydrauliques ont été réalisées pour les zones d'habitation de Reconvillier, Bévillard, Malleray et Court (modèles 1D et 2D). La modélisation 2D a permis de calculer pour chaque point et pour chaque scénario la profondeur d'inondation ainsi que la vitesse d'écoulement. Grâce à une analyse numérique des points, les intensités d'inondation et les degrés de danger ont été définis conformément aux recommandations de la Confédération. Tous les résultats des calculs ont été contrôlés sur le terrain et, au besoin, corrigés. Des corrections ont notamment dû être apportées pour les endroits où des modifications de terrain avaient eu lieu après 2003.

Pour la modélisation hydraulique, les programmes suivants ont été utilisés:

1D	HEC-RAS 4.1.0
2D	CCHE2d

## **4.3 Glissements de terrain, coulées de boue**

### **4.3.1 Glissements permanents**

Les glissements permanents sont des mouvements de terrain plus ou moins continus sur une longue période. Etant donné qu'il s'agit d'un processus continu, il n'y a pas de classification selon la probabilité dans la matrice des dangers, mais uniquement selon l'intensité (activité du glissement). Pour la classification des glissements permanents, la méthodologie du groupe de travail Danger naturel et géologie (DNG) de 2004 tient compte, en plus du déplacement annuel moyen, des trois critères suivants:

- Potentiel de réactivation: on évalue les modifications de la vitesse de glissement, l'interaction avec les cours d'eau et les zones de glissement environnantes, les conditions d'infiltration des eaux de précipitation, ainsi que les informations sur le comportement antérieur du glissement.
- Mouvement différentiel: on examine si des zones sont soumises à des mouvements différentiels et, le cas échéant, on évalue l'intensité des déplacements.
- Profondeur du glissement: des surfaces de glissement profondes ainsi que des corps de glissement compacts et homogènes réduisent le danger de glissement.

Le procédé utilisé pour la classification des glissements permanents selon la méthode DNG est expliqué à l'annexe B.

### **4.3.2 Coulées de boue et glissements spontanés**

Les coulées de boue sont des mouvements vers l'aval de masses constituées d'un mélange de roches meubles (souvent uniquement les couches supérieures du sol avec la couverture de végétation) et d'eau. La plupart du temps, les coulées de boue se déclenchent lors de fortes précipitations ou de fonte des neiges, ou à la suite de ces événements. La saturation en eau du sol et les pressions exercées par l'eau entraînent une perte soudaine de la résistance au cisaillement et la mobilisation de la couche concernée. En fonction de la structure du sol, de la répartition de la perméabilité à l'eau dans le sous-sol, de la morphologie du terrain, des possibilités d'afflux des eaux de surface et des eaux souterraines, ainsi que des propriétés de la surface et de

L'utilisation du territoire, des coulées de boue peuvent déjà se déclencher sur des pentes à partir de 20° (voir annexe A).

La probabilité d'occurrence des coulées de boue est déterminée sur la base de la fréquence des événements antérieurs et des facteurs de risque spécifiques à l'endroit concerné (voir annexe A).

Il s'agit des facteurs suivants:

- Couches proches de la surface accumulant l'eau dans le sous-sol
- Possibilité d'apports d'eau (à la surface ou dans le sous-sol)
- Morphologie du terrain exposée ou recueillant l'eau (bords de terrasse, synclinaux et ravines)
- Propriétés de la surface (prairie, forêt, etc.) et utilisation du territoire
- Influences humaines (p. ex. coupes dans les pentes)

Dans les communes étudiées, l'inclinaison moyenne critique pour les coulées de boue se situe à environ 20° (zones avec conditions géologiques défavorables : formations quaternaires et tertiaires peu perméables) et à environ 25° (zones avec sous-sol calcaire). Des quantités de matériaux pouvant mesurer de quelques m<sup>3</sup> à plusieurs centaines de m<sup>3</sup> peuvent être mobilisées et atteindre des vitesses allant jusqu'à 10 m/s.

Les périmètres menacés par les coulées de boue sont définis au moyen des événements antérieurs connus, de la carte d'inclinaison et des évaluations réalisées sur le terrain. Les zones potentiellement menacées par des coulées de boue ont été délimitées à l'échelon national par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) sur la base d'une modélisation. Le produit de cette modélisation est la carte SilvaProtect. Il s'agit d'une carte indicative des dangers signalant les zones menacées par des coulées de boue.

Les glissements spontanés se produisent souvent sur le front de coulée abrupt des glissements permanents. À cet endroit, des glissements spontanés peuvent en effet être déclenchés en cas d'afflux d'eau entraînant la création d'une surface de glissement. Il est souvent impossible de distinguer un glissement spontané d'une coulée de boue sur le terrain. C'est pourquoi dans la présente évaluation des dangers les deux phénomènes sont évalués ensemble.

#### 4.4 Processus de chutes

Les processus de chutes sont des mouvements de masses rapides lors desquels des corps, la plupart du temps délimités par une zone de fracture ou un plan de stratification, se détachent de la paroi rocheuse et s'écrasent. On parle de chute de pierres lorsque le diamètre des blocs est inférieur à 50 cm. Lorsque les blocs ont un diamètre supérieur à 50 cm, on parle de chute de blocs. Un éboulement peut atteindre une vitesse de 5 à 30 m/s. On distingue la zone d'arrachement, la zone de transit et la zone de dépôt.

Les phénomènes d'éboulement prennent naissance dans les parois rocheuses. Sous l'action de l'altération dans les diaclases, les fissures et les discontinuités, la roche cohérente se désagrège progressivement et les blocs instables se détachent. Les chutes de pierres se déclenchent souvent après de fortes pluies ou après des cycles gel/dégel. Sur la carte indicative des dangers du canton de Berne (CID25), les zones menacées par d'éventuels phénomènes d'éboulement sont délimitées.

L'intensité des événements possibles est estimée au moyen des propriétés de la zone d'arrachement (altitude et volume des éventuels blocs), ainsi que des zones de transit et de dépôt (couverture de végétation et propriétés du sous-sol). Les événements antérieurs fournissent des informations importantes sur la forme, la taille et la portée des événements possibles, en particulier les blocs éboulés, qui font office de «témoins muets» sur le terrain.

La portée des blocs d'éboulement peut être calculée au moyen de la méthode des pentes forfaitaires. On entend par pente forfaitaire la déclivité entre le point de naissance et le point de dépôt. Celle-ci peut être estimée approximativement d'après la taille des blocs éboulés, la végétation et les propriétés du sol dans la zone de transit (amortissement).

Dans le cadre de cette évaluation, les phénomènes d'éboulement ont été évalués selon la méthode des pentes forfaitaires.

#### **4.5 Affaissements, effondrements, dolines**

Dans les roches calcaires, des cavités karstiques peuvent se former sous l'action dissolvante de l'eau, et s'effondrer. L'apparition de dolines est caractéristique d'une intensité moyenne du phénomène. La probabilité des événements n'est pas évaluée.



## 5. ÉVALUATION DES DANGERS DANS LE PÉRIMÈTRE A

### 5.1 Dangers hydrologiques

A part la Trame, il y a le Ruisseau Lo Gô près du STEP comme deuxième cours d'eau superficiel sur le territoire de la commune de Tramelan. Une grande partie de la commune n'est pas drainée par des cours d'eau superficiels mais souterrains. En plus, il faut prendre en compte l'eau de pente - surtout dans les secteurs La Cudrie et Les Lovières au Sud de Tramelan. Pour la commune de Tramelan, ce sont essentiellement les crues qu'il faut mentionner comme dangers d'eau. Les affluents amènent relativement peu de matériaux charriés. Pour cette raison, les épandages d'alluvions sont relativement rares, par contre il y a plus de dépôts avec des matériaux fins. L'érosion des rivages ne joue qu'un rôle mineur dans les ruisseaux examinés.

Sur le territoire de la commune de Sorvilier, les crues sont fréquentes, mais généralement d'intensité faible. Des orages locaux ou des pluies torrentielles de longue durée occasionnent localement des débordements. La plus grande partie des précipitations s'infilte dans le sol. Comparés avec d'autres bassins versants, les débits maximaux dans le Jura sont relativement petits.

La chronique des événements de la commune de Tramelan mentionne des crues de la Trame.

Par la suite, les risques potentiels de crues pour les cours d'eau les plus importants sont présentés et expliqués sous forme d'un tableau. Les noms respectifs des cours d'eau sont tirés du „Réseau hydrographique de canton de Berne RH5“.

#### 5.1.1 La Trame

La Trame a ses origines sur le versant Nord de la Montagne du Droit, puis se dirige en direction de La Combe. En bordure de la forêt au-dessus de la station aval du téléski, la Trame est captée et conduit sous la Rue de L'Ouest – Rue de la Trame – au Sud de la Rue de la Promenade – Rue de la Gare jusqu'à la Rue du Pont à l'Est. A la sortie du village, la Trame est reconduite à la surface. Au Moulin Brûlé, la Trame quitte le territoire de la commune de Tramelan en direction de Saicourt.

Bassin versant (STEP)	4 - 15 km <sup>2</sup>		
Longueur cumulative du ruisseau	1.5 - 4.5 km		
Crues HQ30, HQ100, HQ300	3 - 11 m <sup>3</sup> /s	5 - 13 m <sup>3</sup> /s	8 - 16 m <sup>3</sup> /s

Efficacité des ouvrages de protection existants	Il n'y a pas d'ouvrages de protection
Points faibles	Débit souterrain à Tramelan près du STEP

Carte des dangers hydrologiques		
<b>Ü2 / Ü3 / Ü6 / Ü8</b>	Tramelan centre	La Trame a un cours souterrain canalisé au centre du village. Malgré cela, l'eau peut sortir par les couvercles de regard et inonder les rues avec des intensités faibles. Près de la déchetterie, il peut y avoir une retenue d'eau, qui ne peut s'écouler en cas d'un événement centennal (Ü2). Au-dessus de la gare, une surface peut servir comme bassin de rétention (Ü8). L'eau se dirige le long du Thalweg de la Trame canalisée et souterraine vers l'Est (Ü6, intensité moyenne ; dans les surfaces plus basses Ü3).
<b>Ü6</b>	Tramelan – STEP	La surface au-dessus du STEP est inondée.
<b>Ü2 / Ü3</b>	Moulin brûlé	Juste avant la scierie, l'eau déborde avec une fréquence élevée mais avec une intensité faible sur les champs (Ü3). Les bâtiments de la scierie ne sont concernés que lors d'un événement centennal (Ü2).

### 5.1.2 Le Gô

Le ruisseau a son origine au Nord de Bise de Corgémont et continue vers Les Lovières et en direction de Tramelan. A l'Est du Chemin des Lovières, le ruisseau a un lit ouvert, mais juste avant le Chemin de la Jeanbrenin il est capté à nouveau. Dès cet endroit, le ruisseau est conduit dans un canal souterrain en direction de la Birse.

Bassin versant	0.8 km <sup>2</sup>		
Longueur cumulative du ruisseau	0.3 km		
Crues HQ30, HQ100, HQ300	0.2 m <sup>3</sup> /s	0.3 m <sup>3</sup> /s	0.5 m <sup>3</sup> /s

Efficacité des ouvrages de protection existants	Il n'y a pas d'ouvrages de protection
Points faibles	Faible capacité hydraulique entre le Chemin des Lovières et la prise par en-dessous au Chemin de la Jeanbrenin.

Carte des dangers hydrologiques		
<b>Ü3</b>		Le lit du ruisseau est petit. En cas d'encombrement (p. ex. du bois), le ruisseau quitte son lit pour déborder sur le champ voisin. Elle se dirige par la suite vers les bâtiments au sud du chemin des Sources.
<b>Ü2</b>	Tramelan - Dessous	Le passage couvert peut s'encombrer lors des grands événements et l'eau déborde avec une intensité faible sur la route et le long des entrepôts.
<b>Ü3</b>		Derrière le bâtiment il y a un parking pour voitures où l'eau peut s'accumuler et atteindre des profondeurs de plus d'un mètre.
<b>Ü1</b>	Passage à niveau	Lors d'un événement tricentennal, l'eau peut déborder sur le passage à niveau et atteindre le centre du village.

### 5.1.3 Ruisseau sans nom près du STEP

À l'Ouest de la Goleyatte et en-dessous de la piscine il y a un petit ruisseau qui est conduit dans un canal pour le passage souterrain de la route cantonale. Ensuite, il s'écoule dans la Trame.

Bassin versant	0.06 km <sup>2</sup>		
Longueur cumulative du ruisseau	0.1 km		
Crues HQ30, HQ100, HQ300	0.05 m <sup>3</sup> /s	0.1 m <sup>3</sup> /s	0.2 m <sup>3</sup> /s

Efficacité des ouvrages de protection existants	Il n'y a pas d'ouvrages de protection
Points faibles	Voûtage en-dessous de la route, souvent encombré

Carte des dangers hydrologiques		
<b>Ü3</b>	Tramelan - STEP	Le ruisseau quitte son lit avec une fréquence élevée mais avec une intensité faible à la prise par en-dessous pour déborder sur la route ainsi que sur le terrain du STEP.

## 5.2 Coulées de boue et glissements spontanés

### 5.2.1 La Paule

Région étudiée	Le Faviez
Cadastre des événements	Aucun événement répertorié
Inclinaison du versant dans la zone d'arrachement	25 – 30°

**Description des lieux:**

Il s'agit d'une pente de 25-20°. La zone de décrochement représente une morphologie en combe et est limitée par la transition graduelle dans vers des terrains peu inclinés à plat.

**Géologie:**

Le soubassement rocheux est principalement constitué des calcaires du Portlandien avec localement des affleurements de molasse marine supérieure. La couverture de terrains meuble est estimée à 0.5 à 2 m d'épaisseur. La hauteur des pentes est d'env. 20 m.

**Facteurs déclenchant:**

- + quelques traces de bétail
- + morphologie en combe sans pour autant mener à une concentration d'eaux superficielles dans la partie supérieure de la pente
- + rupture de pente graduelle
- pas de traces de coulées de boue respectivement glissements spontanés anciens

Appréciation de la probabilité et de l'intensité	P : faible I : moyenne
Application à la carte des dangers	HM4 bleu : zones d'arrachement, de transit et de dépôt HM1 jaune : autres zones situées sur le tracé de glissement

### 5.2.2 Tramelan, Rue de Virgile Rossel / Sous le saucy

Région étudiée	Rue de Virgile Rossel, flanc sud-est
Cadastre des événements	Aucun événement répertorié. Inondations régulières du fond de la vallée par la Trame.
Inclinaison du versant dans la zone d'arrachement	25 – 35°

**Description des lieux:**

La zone s'étend de la Rue Virgile Rossel en direction de la Combe des Arses et monte jusqu'à la ligne de chemins de fer. L'inclinaison de la pente se situe entre 25 et 35°. On devine plusieurs zones d'érosion dues au bétail qui peuvent conduire localement au glissement spontané et coulée de boue des terrains meubles. Les pentes atteignent 30 m au maximum.

Dans le secteur „Sous le Saucy”, une mise en danger par des processus de chute persiste. La couche de terrain meuble au-dessus de la roche est ici de moins de 0.5 m et donc d'épaisseur très faible.

**Géologie:** les calcaires portlandiens se trouvent sous une faible couverture composée de limons

d'altération et de la couverture végétale (0.3 – 0.5 m). Cependant les affleurements calcaires se retrouvent à divers endroits. La karstification des calcaires a un effet drainant sur les eaux de surface.

Facteurs déclenchant:

- + traces de bétail avec érosion due au pacage
- + rupture de pente dans la partie supérieure
- + traces de coulées de boue respectivement glissements spontanés anciens
- boisé dans la partie occidentale et chez Sous le saucy (effet stabilisant)

Appréciation de la probabilité et de l'intensité	P : moyenne / faible I : faible
Application à la carte des dangers	HM2 bleu : zones d'arrachement, de transit et de dépôt HM2 jaune : autres zones situées sur le tracé de glissement HM1 jaune : zone boisée

### 5.2.3 Tramelan, Combe des Arses

Région étudiée	Combe des Arses, flanc nord-ouest jusque Rue de Virgile Rossel, flanc nord
Cadastre des événements	Aucun événement répertorié.
Inclinaison du versant dans la zone d'arrachement	généralement 25 – 30°

Description des lieux:

Il s'agit d'une pente de 15-20 m de hauteur, de 25 à 30° d'inclinaison partant du fond de la vallée de la Trame. Le talus est utilisé comme pâturage ou pâturage boisés, le reste étant en forêt.

Géologie: soubassement calcaire recouverts d'environ 0.5 à 1 m de limons.

Facteurs déclenchant:

- + traces de bétail et localement érosion liée au pacage
- + substratum rocheux composé de calcaires de Malm (partiellement karstifié)
- partiellement boisé et pâturage boisé
- pas de traces de coulées de boue respectivement glissements spontanés anciens

Appréciation de la probabilité et de l'intensité	P : faible I : moyenne
Application à la carte des dangers	HM4 bleu : zones d'arrachement, de transit et de dépôt HM1 jaune : autres zones situées sur le tracé de glissement

### 5.2.4 Tramelan, Sur la Vigne / Pâturage de l'Envers

Région étudiée		Sur la Vigne	
Inclinaison >20°	Oui	Cadastre des événements	Aucun événement répertorié

#### Description des lieux:

Il s'agit d'une petite pente de 10-20 m de hauteur et de 20-25° d'inclinaison, atteignant localement 30°. Elle est entrecoupée par de petites terrasses. On repère également quelques zones humides. L'épaisseur de la couche des roches meubles mobilisables est estimée à 0.5 – 1 m.

La zone de danger au nord du pâturage de l'Envers est situé sur une masse de glissement permanent. Dans une pente de 25-30°, les couches meubles d'une épaisseur de 0.5 – 1.5 m peuvent être mobilisées.

Géologie: molasse marine supérieure avec localement une couverture morainique. La morphologie de glissement indique une épaisseur moyenne de terrains meubles. Dans une zone d'excavation toute proche l'on trouve des limons d'altération.

#### Facteurs déclenchant:

- + traces de bétail
- + peu de zones humides
- + ruptures de pente
- + morphologie en combe (à petite échelle), due aux mouvements permanents
- pas de traces de coulées de boue respectivement glissements spontanés anciens

Appréciation de la probabilité et de l'intensité	P : faible I : moyenne
Application à la carte des dangers	HM4 bleu : zones d'arrachement, de transit et de dépôt HM1 jaune : autres zones situées sur le tracé de glissement

### 5.2.5 Tramelan Dessous, Varines

Région étudiée	Varines – Fin des Rottes
Cadastre des événements	Aucun événement répertorié. Dans les combes du versant Nord, les pluies intenses peuvent entraîner un débit concentré des eaux météoriques.
Inclinaison du versant dans la zone d'arrachement	généralement 25 – 35°

#### Description des lieux:

Talus raides de 30-40 m de hauteur et de 25-30° d'inclinaison, parfois 35°. Ils sont partiellement boisés, les zones non boisés utilisées comme terrain de pâture. Le versant Sud est principalement recouvert de forêt et généralement sec, mis à part la petite combe des Varines, alors que le versant Nord contient des zones humides. Dans la partie non-boisée du versant Sud on reconnaît les restes d'une coulée de boue récente. La couche mobilisée n'atteint qu'une épaisseur très faible (<0.5 m).

Géologie : Calcaires portlandiens faiblement recouverts de terrains meubles, affleurant par endroits (versant Sud). Die L'épaisseur de la couche des roches meubles n'élève qu'à < 0.5 m en moyenne. Au versant Nord, on trouve une couverture un peu plus importante de limons d'altération.

Facteurs déclenchant:

- + traces de bétail avec parfois des dégâts d'érosion (versant nord)
- + rupture de pente
- + zones humides (versant nord)
- + morphologie en combe (surtout versant nord)
- boisé au versant sud et pâturage boisé au versant nord (effet stabilisant)

Appréciation de la probabilité et de l'intensité	P : moyenne (sud), faible et moyenne (nord) I : moyenne (sud), faible (nord)
Application à la carte des dangers	HM5 bleu : zones d'arrachement, de transit et de dépôt (versant Nord et quelques surfaces isolées non boisées sur le versant Sud) HM2 jaune : autres zones situées sur le tracé de glissement (versant Nord) HM1 jaune : majorité du versant sud (boisé) HM2 bleu : zones d'arrachement, de transit et de dépôt (versant Sud, non boisé) HM2 jaune : autres zones situées sur le tracé de glissement (versant Sud, non boisé)

### 5.2.6 Tramelan Dessous, Fin du Tilleul

Région étudiée	Fin du Tilleul
Cadastre des événements	Aucun événement répertorié.
Inclinaison du versant dans la zone d'arrachement	25 – 35°

Description des lieux:

La région est caractérisée par une vaste morphologie en combe. En son milieu se trouve une source avec de grandes surfaces humides. Plusieurs petites coulées ont eu lieu et ont mobilisé une épaisseur d'environ 0.6 m de terrain meuble. La partie centrale de la combe est raide et boisé. Le pâturage dans les terrains engorgés a occasionné des piétinements profonds et un gazon endommagé. La hauteur de pente dans la zone de ruptures potentielles est de l'ordre de 30 m.

Géologie: Molasse altérée recouverte de limons d'altération. Tout de suite au-dessus du périmètre de la carte des dangers affleurements en calcaires de Malm. La répartition exacte de la molasse sus-jacente respectivement de la molasse altérée n'est pas connue dans les détails.

Facteurs déclenchant:

- + traces de bétail marquées et érosion liée au pacage
- + source et zones humides
- + morphologie en combe
- + traces de coulées de boue respectivement glissements spontanés anciens
- partiellement boisé (effet légèrement stabilisant)

Appréciation de la probabilité et de l'intensité	P : moyenne I : moyenne
Application à la carte des dangers	HM5 bleu : zones d'arrachement, de transit et de dépôt HM2 jaune : autres zones situées sur le tracé de glissement

### 5.2.7 Moulin Brûlé

Région étudiée	Fin du Tilleul
Cadastre des événements	Aucun événement répertorié.
Inclinaison du versant dans la zone d'arrachement	25 – 30°, le périmètre de la carte des dangers se trouve en grande partie dans la zone de dépôt des coulées de boue potentielles (respectivement glissements spontanés). Les zones de ruptures situées en-dessus sont plus la plupart plus raides.

#### Description des lieux:

Le périmètre d'étude concerne le fond de vallée en incluant le pied des versants Nord et Sud. Ces pentes ont une inclinaison comprise entre 25 et 30°. On y trouve également des zones humides ainsi que des sources. Le pied du versant Sud constitue une zone de pâturage boisé tandis que le versant Nord est complètement boisé. Seulement la partie toute à fait inférieure de la zone de rupture se situe à l'intérieur du périmètre de la carte des dangers ; la hauteur des pentes à l'intérieur de ce périmètre n'affichent que 10 m.

Géologie: Les roches calcaires sont recouvertes par des éboulis de pente de plusieurs mètres d'épaisseur ainsi que par des limons d'altération en surface. Ce sont avant tout ces limons, combinés avec les venues d'eau, qui engendrent des glissements et des coulées.

#### Facteurs déclenchant:

- + venues d'eau
- + localement traces de bétail
- + localement morphologie en combe
- + traces de coulées de boue respectivement glissements spontanés anciens
- + érosion en bas de pente par la Trame (versant Nord)
- forêt (surtout versant Sud), effet stabilisant

Appréciation de la probabilité et de l'intensité	P : moyenne I : moyenne
Application à la carte des dangers	HM5 bleu : zones d'arrachement, de transit et de dépôt HM2 jaune : autres zones situées sur le tracé de glissement

## 5.3 Glissements permanents

### 5.3.1 Les Reussilles

#### Cadastre des événements

Pas d'évènements répertoriés.

#### Description des lieux

Le sous-sol géologique du plateau Des Reussilles est composé en calcaires du Malm. Les dolines et autres formes d'effondrement sont localisés de préférence le long des failles et des limites de couches. Pour une bonne partie, les calcaires sont recouverts par une couche d'altération épaisse de plusieurs m (Argiles de décalcification).

Le plateau est utilisé en grande partie comme terrain agricole et comme pâturage. Le terrain se présente légèrement ondulé, des inclinaisons dépassant 15° sont rares. Une morphologie des combes aplaties indique des mouvements très lents. Les roches meubles argileuses montrent une faible résistance au cisaillement. Des mouvements peuvent se déclencher avec des inclinaisons de pente très faibles.

#### Evaluation du danger

Les couches glissantes se trouvent pour la plupart dans une profondeur faible. Les intensités des mouvements sont classées généralement comme très lentes et substabilisés. Il n'y a pas d'indice pour un potentiel de réactivation élevé.

		Les Connaies
	Intensité	faible
Facteurs aggravants	Potentiel de (ré)activation (R)	aucun
	Potentiel de mouvements différentiels (D)	aucun
Facteur atténuant	Grande profondeur (T)	non
	Degré de danger	RO1

### 5.3.2 Tramelan – Sur la vigne

#### Cadastre des événements

Pas d'évènements répertoriés. Dans les combes de terrain du lieu dit « à la Croix » on observe un débit concentré des eaux météoriques.

#### Description des lieux

Dans le fond de la vallée de Tramelan, les calcaires jurassiques sont recouverts de Molasse. Au Sud-ouest de Tramelan, on rencontre localement une couverture morainique en bas de pente. Au pied du versant Sud constitué des calcaires du Malm on observe un dépôt de pente et une couche d'altération. Au lieu-dit « Les Benés » il y a une source captée et le terrain est partiellement engorgé.

Les dépressions et les formes de tassement indiquent surtout dans les secteurs Cul des Cernies et La Cudrie des mouvements de pente permanents. Les zones concernées sont pour la plupart boisées.



### Evaluation du danger

Il s'agit le plus souvent des mouvements de profondeur moyenne. Fréquemment, ils sont superposés par des mouvements de faible profondeur. Les taux moyens de vitesse de mouvement et l'intensité sont très faibles. Dans le secteur Les Benés, la saturation d'eau élevée a un effet déstabilisant. Dans la partie supérieure du glissement – et donc en dehors du périmètre de la carte des dangers – il faut s'attendre à un potentiel de réactivation élevé.

		<b>Sur la Vigne – Sur les Brues</b>
	Intensité	faible
Facteurs aggravants	Potentiel de (ré)activation (R)	aucun
	Potentiel de mouvements différentiels (D)	aucun
Facteur atténuant	Grande profondeur (T)	non
	Degré de danger	RM1

Le secteur „Combe des arses“ est situé à environ 300 m au nord-ouest de « Sur la vigne ». Il présente des vestiges de molasses. Dans les couches érodées et les argiles de pente du nord de la vallée, de vastes glissements de profondeur moyenne sont observés. La limite du périmètre A de la carte des dangers passe par le fond de la vallée et la zone de glissement se situe exclusivement hors périmètre.

### 5.3.3 Tramelan-Dessous, versant Nord

#### Cadastre des événements

Pas d'événements répertoriés. Dans la combe en direction des Combettes, un débit concentré des eaux météoriques est connu en cas de pluie intense.

#### Description des lieux

Vers la marge Sud du périmètre, les calcaires du Malm (Portlandien) sont recouverts par une couche d'altération d'épaisseur faible. L'épaisseur des éboulis augmente en direction du Nord (aplatissement du terrain). Au niveau de l'arrête de terrain on observe les marnes, grès et calcaires de la Molasse (OSM) qui sont localement recouverts par des sédiments glaciaires. L'épaisseur de la couche d'altération et des dépôts de pente s'élève à cet endroit à quelques m.

Dans la tranchée des Combats, surtout les inclinaisons sur le versant Ouest varient entre 20 – 25° en moyenne. Des dépressions décimétriques et des formes de tassement sont des indices de mouvements continus. D'autres indices sont les petites fissures et les affaissements dans les routes. Dans la combe se trouvent deux chambres de puits, la situation et la construction du captage sont inconnues. La zone concernée est utilisée comme pâturage; dans la partie inférieure de la combe il y a quelques bâtiments.

### Evaluation du danger

La profondeur des glissements est estimée comme faible à moyenne ; l'activité est substabilisée. Il n'y a pas d'indice pour un potentiel de réactivation élevé.

		<b>Fin de Lovières – Fin de l'Envers – Fin des Rottes</b>
	Intensité	faible
Facteurs aggravants	Potentiel de (ré)activation (R)	aucun
	Potentiel de mouvements différentiels (D)	aucun
Facteur atténuant	Grande profondeur (T)	non
	Degré de danger	RM1

### 5.3.4 Tramelan-Dessous II

#### Cadastre des événements

Pas d'événements répertoriés.

#### Description des lieux

Le plateau entre « Fin du Tilleul » et « Sur le Château » est composé des roches de la molasse (Molasse alsacienne, USM et calcaires d'eau douce, OSM). En montant la pente on constate une couverture d'éboulis et à partir d'une altitude de 970 m des calcaires du Malm sur lesquels repose une couche d'altération de roches meubles peu épaisse. Au fond de la vallée, le substratum rocheux de la Molasse est recouvert par un dépôt d'altération et localement des dépôts glaciaires.

Dans les deux zones distinguées il y a des captages d'eau et des fontaines pour le bétail ainsi que des zones engorgées. Les formes concaves en-dessous des niches d'arrachements, des petits tassements et des fissures dans une route sont la conséquence des mouvements de pente continus.

Dans le secteur Varines quelques bâtiments se situent dans les zones concernées, les autres surfaces sont utilisées comme pâturage. La zone supérieure (aux alentours de Fin du tilleul) est partiellement boisée.

#### Evaluation du danger

Les mouvements dans le secteur Varines sont pour la plupart de profondeur moyenne. Dans la partie supérieure de la zone (Fin du Tilleul), les glissements dans la dépression orientale sont également de profondeur moyenne. A l'Ouest de cet endroit, sur le versant exposé au Sud, l'épaisseur des roches meubles est moins importante et les couches glissantes ont pour la plupart une profondeur faible et l'activité est stabilisée. Un degré élevé en saturation d'eau peut avoir des effets d'stabilisants. Mais il n'y a pas assez d'indices pour un potentiel de réactivation élevé classé par conséquent comme faible.

		<b>Fin du Tilleul - Varines</b>
	Intensité	faible
Facteurs aggravants	Potentiel de (ré)activation (R)	aucun
	Potentiel de mouvements différentiels (D)	aucun
Facteur atténuant	Grande profondeur (T)	non
	Degré de danger	RM1 / RO1 (Fin du Tilleul, Ouest)

### 5.3.5 Moulin Brûlé

#### Cadastre des événements

Pas d'événements répertoriés. Au fond de la vallée il y a de temps à autres des inondations par la Trame.

#### Description des lieux

Le bas de la pente des deux versants de vallée est recouvert par des éboulis de pente de plusieurs mètres d'épaisseur ainsi que par des limons d'altération en surface. Le substratum rocheux est composé dans les parties inférieures localement de molasse, en montant les pentes exclusivement de calcaires du Malm.

Sur les deux flancs de la vallée on observe des diverses émergences d'eau et des zones engorgées. Le versant Nord est complètement boisé, tandis que le bas de pente du versant Sud est un pâturage boisé. La morphologie ondulée avec des dépressions et des formes d'accumulation indiquent des mouvements continus et spontanés. Le talus du versant donnant sur la route cantonale est localement stabilisé avec des murs de protection.

## Evaluation du danger

Les glissements sont de profondeur faible à moyenne et substabilisés. Des zones d'engorgement et l'érosion en bas de pente par la Trame sont responsables d'un potentiel de réactivation moyen sur le flanc droit (orographiquement) de la vallée.

		Moulin brûlé	Moulin brûlé
	Intensité	faible	faible
Facteurs aggravants	Potentiel de (ré)activation (R)	aucun	moyen
	Potentiel de mouvements différentiels (D)	aucun	aucun
Facteur atténuant	Grande profondeur (T)	non	non
	Degré de danger	RM1	RM1R

## 5.4 Chute des pierres

### 5.4.1 Plain des Reussilles

Région étudiée	Plain des Reussilles		
Cadastre des événements	Aucun événement répertorié.		
Roche / Stratification	Calcaires du Malm, surtout des calcaires kimméridgiens La région se situe sur le flanc Sud le l'anticlinale « Les Places ». Le pendage est de 150°/50° et l'épaisseur des couches env. 0.4 m. Il n'y a pas de système de fissures marqué.		
Caractéristique	Zone d'arrachement : Il s'agit d'un talus artificiel. L'inclinaison du talus correspond à peu près au pendage des couches. Les zones de rupture potentielles se situent aux affleurements naturels, les roches de chute glissent sur les plans de couche. Zone de transit / Zone de dépôt : A cause de la faible hauteur du talus de quelques m, la zone de transit est très courte. En bas du talus, il y a des replats horizontaux stabilisés. Une chute potentielle s'arrêtera alors immédiatement en bas du talus.		
Temps de retour	0 – 30 ans	30 – 100 ans	100 – 300 ans
Taille des blocs [m3]	0,1	0,3	2,0
Probabilité et intensité	La hauteur de la falaise est faible (quelques mètres). Des blocs relativement grands peuvent de détacher le long de la stratification et du réseau de faille. Etant donné la faible hauteur de chute, l'énergie reste faible. Le replat au pied de la paroi arrête immédiatement les blocs potentiels.		
Application à la carte des dangers	SS3 / SS4 bleu		

### 5.4.2 Sous le Saucy

Région étudiée	Sous le Saucy et 100 m au Sud de l'ancienne carrière		
Cadastre des événements	Aucun événement répertorié		
Roche / Stratification	<p>Calcaires du Malm, passage des calcaires du Kimméridgien à l'Oxfordien supérieur.</p> <p>La région se situe sur le flanc Sud de l'anticlinale « Les Places ». Le pendage est de 150°/50° et l'épaisseur des couches env. 1 m. Il n'y a pas de système de fissures marqué.</p>		
Caractéristique	<p><b>Ancienne carrière</b></p> <p>Zone d'arrachement :</p> <p>La zone d'arrachement potentielle se situe dans une ancienne carrière où l'exploitation a cessé. La partie occidentale de la carrière des ressources minérales sont stockées, la partie orientale est utilisée comme dépôt de matériel et parking. La hauteur de paroi exploitée se situe à une hauteur d'une douzaine de m. et le talus a une inclinaison entre 50° et subverticale.</p> <p>Zone de transit / Zone de dépôt :</p> <p>A cause de la hauteur de la paroi limitée à quelques m, la zone de transit est courte. En bas de la pente, après une zone d'accumulation de débris de pente il y a des replats horizontaux stabilisés. Une chute potentielle s'arrêtera alors immédiatement en bas du talus.</p> <p><b>100 m au Sud de l'ancienne carrière</b></p> <p>Zone d'arrachement :</p> <p>La zone d'arrachement potentielle se situe dans la forêt où elle délimite une ravine dans laquelle se trouvent plusieurs pierres et blocs résultant des chutes, mais aussi des ordures ménagères. La hauteur effective de la paroi n'est que quelques m.</p> <p>Zone de transit / Zone de dépôt :</p> <p>Les roches et les blocs des chutes éventuels tombent dans la ravine avec une inclinaison de 25 – 30°. La longueur de cette ravine ne mesure que 50 m, en aval, le terrain s'aplatit brusquement et l'inclinaison diminue à 10°. Une chute potentielle s'arrêtera rapidement. Quelques témoins muets indiquent cette activité des chutes occasionnelles.</p>		
Temps de retour	0 – 30 ans	30 – 100 ans	100 – 300 ans
Taille des blocs [m3]	0,3	0,8	3,0
Probabilité et intensité	<p>De grands blocs peuvent se détacher de la paroi de l'ancienne carrière en suivant la stratification et le réseau de failles. De grandes énergies sont atteintes à cause de la hauteur de chute de 10 à 15 m. Comme la zone de déposition au pied de la paroi est plate ou très peu inclinée, les distances de transit sont très faibles.</p> <p>A 100 m au sud de l'ancienne carrière des blocs de même grandeur peuvent se détacher. Au vu de la topographie, les distances de transit sont plus grandes, leur tracé suivant un petit ravin. Dans le secteur moins pentu, l'énergie cinétique des blocs et cailloux diminue. Ils s'immobilisent après max.</p>		

	90 m encore à l'intérieur de la forêt.
Application à la carte des dangers	SS8 rouge (ancienne carrière), SS8 rouge / SS5 bleu (100 m au Sud de l'ancienne carrière)

### 5.4.3 Varines – sur le Château

Région étudiée	Varines – Sur le Château		
Cadastre des événements	Aucun événement répertorié.		
Roche / Stratification	Calcaires du Malm (Calcaires portlandiens) Les couches ont un pendage d'env. 360°/30°, et les épaisseurs des couches sont très inhomogènes et atteignent un maximum de quelques dizaines de cm. Les roches sont fortement fissurées mais les fissures subverticales n'ont pas d'orientation préférentielle.		
Caractéristique	Zone d'arrachement : Il s'agit le plus souvent seulement des quelques affleurements rocheux dans le flanc boisé (inclinaison de 30 – 35° en moyenne). Zone de transit / Zone de dépôt : La zone de transit est complètement boisée et couverte d'éboulis. Des témoins muets des chutes avec un diamètre de >0.5 m peut être observé rarement. Au plus tard, les roches et les blocs sont freinés sur le petit replat au-dessus de la route cantonale pour s'y arrêter complètement sur la route horizontale.		
Temps de retour	0 – 30 ans	30 – 100 ans	100 – 300 ans
Taille des blocs [m3]	0,2	0,3	1,0
Probabilité et intensité	Les affleurements calcaires sont petits, mais sont fortement faillés. Dans la pente raide au-dessous se trouvent beaucoup de pierres et quelques blocs qui pourraient être remobilisés. En regard de la petite taille générale des blocs, il faut compter avec des énergies de chute faibles à moyennes. La forêt dense dans la partie ouest joue un rôle stabilisateur et peut absorber une partie de l'énergie des blocs.		
Application à la carte des dangers	SS3 / SS4 bleu		

### 5.4.4 Combe des Arses

Région étudiée	200 m au Nord-est de la Combe des Arses		
Cadastre des événements	Aucun événement répertorié.		
Roche / Stratification	Calcaires du Malm (Calcaires portlandiens) Les couches ont un pendage de 160°/35° ce qui correspond à peu près à l'inclinaison de la pente. Les épaisseurs des couches sont très inhomogènes et atteignent un maximum de quelques dizaines de cm. Les affleurements rocheux sont généralement très petits et on ne peut pas reconnaître un		

	système de fissures important.		
Caractéristique	Zone d'arrachement : Les zones d'arrachement sont localisées dans des petits affleurements rocheux à une hauteur de quelques m seulement. Zone de transit / Zone de dépôt : La zone de transit est partiellement boisée et partiellement utilisée comme pâturage. Les inclinaisons varient entre 30 – 35°. L'épaisseur des roches meubles est très faible. Pour cette raison, l'effet « amortisseur » des roches pour une chute éventuelle est très petit. En bas de la pente, la plaine alluviale qui accompagne le cours de la Trame est ± horizontale. Une pierre ou un bloc résultant d'une chute éventuelle s'arrêtera ici.		
Temps de retour	0 – 30 ans	30 – 100 ans	100 – 300 ans
Taille des blocs [m3]	0,1	0,2	1,0
Probabilité et intensité	Les zones d'arrachement potentielles sont très petites et les hauteurs des parois ne sont pas très élevées. L'activité peut être classée comme très faible. Un chablis peut être à l'origine d'une remobilisation. Un événement fréquent entraînera seulement des intensités faibles; lors d'un événement rare, l'intensité peut être moyenne.		
Application à la carte des dangers	SS3 / SS4 bleu		

## 5.5 Affaissements / effondrements

### Description des lieux

Le plateau des Reussilles représente une grande surface avec des roches sujettes à la karstification (calcaires) se trouvant sous une très faible couverture de terrains meubles. Le phénomène de dissolution dans ces roches (qui représentent le socle de cette région) est bien illustré par la présence d'alignements de dolines.

Evaluation du degré de danger

Les zones dans lesquelles des dolines sont visibles représentent une intensité moyenne; un degré de **danger bleu**.

Les zones où les roches calcaires sont susceptibles d'affleurer ou d'être sous une très faible couverture représentent une intensité faible; un degré de **danger jaune**. En générale, il s'agit d'une zone large de quelques dizaines de m entourant la zone bleue avec les dolines.

## 6. ÉVALUATION DES DANGERS DANS LE PÉRIMÈTRE B

Dans le périmètre B, les dangers sont évalués pour des zones d'habitation et des bâtiments habités à l'année ou pendant une partie de l'année. L'évaluation des dangers se base sur les cartes indicatives des dangers et les cartes des inondations du canton de Berne, ainsi que sur la carte SilvaProtect indiquant les périmètres exposés à des coulées de boue.

La plausibilité des indications existantes a été vérifiée sur le terrain. Les dangers sont évalués à titre indicatif. La probabilité et l'intensité des phénomènes dangereux possibles ne sont pas précisées.

Le tableau ci-dessous contient la liste de tous les objets pour lesquels des phénomènes dangereux ont été répertoriés. Le tableau complet avec l'ensemble des objets évalués se trouve à l'annexe 5 du présent rapport («Carte indicative des dangers plausibilisée pour le périmètre B au 1:10 000»).

**Tableau 5 Situation de danger des bâtiments et groupes de bâtiments habités dans le périmètre B (indication de danger vérifiée)**

N°	Localité	Coordonnés	CB /GT	CP	D	DH
1	Prés Renaud	576'300 / 229'750	-/-	-	x	-
2	Sur les Joux	574'970 / 232'160	-/-	-	x	-

CB = coulées de boue; GT = glissements de terrain; CP = chutes de pierres; DH = dangers hydrologiques; D = effondrements, affaissements, dolines

Sur le territoire de la commune de Tramelan, aucun bâtiment habité n'est exposé aux risques d'eau ou mouvements de masse (glissements, coulée de terre, éboulement) au sein du périmètre B.

## 7. DANGERS ET MESURES DE PROTECTION

### 7.1 Généralités

L'évaluation des dangers a pour but de déterminer quels dangers peuvent survenir dans quels endroits, avec quelle fréquence et quelle intensité. Pour les endroits où des personnes sont exposées à un danger élevé, il convient d'évaluer s'il y a lieu de prendre des mesures de protection.

Dans le canton de Berne, la matrice des objectifs de protection élaborée par le GT Danat (Groupe de travail Dangers naturels) en 2003 est à disposition pour l'évaluation des mesures à prendre. Selon cette matrice, pour les zones à bâtir et les bâtiments habités en permanence

- situés dans la zone de danger rouge (degrés de danger selon figure 1: rouge 9, rouge 8, rouge 7) et dans la zone de danger bleue, exposée à des événements fréquents d'intensité moyenne (bleu 6, bleu 5), des mesures de protection doivent être prises.
- situés dans la zone de danger bleue, rarement touchée par des événements (bleu 4), et dans la zone de danger jaune, exposée à des événements fréquents d'intensité moyenne (jaune 3, jaune 2), il s'agit de procéder à une analyse des risques, afin d'évaluer la nécessité de prendre des mesures de protection.
- situés dans la zone de danger jaune, rarement touchée par des événements (jaune 1), il n'y a pas besoin de prendre de mesures de protection.

L'expérience montre toutefois qu'il n'y a en principe pas besoin de prendre de mesures de protection dans la zone de danger jaune, sauf pour les objets particulièrement exposés ou d'une grande valeur matérielle ou immatérielle. Dans cette zone, il est possible de maintenir l'état actuel grâce à des mesures d'aménagement du territoire et d'entretien. Pour les objets situés dans la zone de danger bleue, et en particulier pour ceux situés dans la zone de danger rouge, il s'agit d'identifier les éventuels déficits de protection et, le cas échéant, de prendre les mesures appropriées.

De manière générale, les mesures suivantes peuvent être prises:

### 7.1.1 Entretien et contrôle

- Contrôles périodiques des ruisseaux ainsi que des zones exposées à des glissements de terrain et aux chutes de pierres
- Contrôle et évaluation des endiguements existants
- Documentation des modifications et des événements (journal de contrôle et d'entretien)
- Entretien des cours d'eaux, construction de systèmes de drainage, nettoyage périodique des rochers

### 7.1.2 Planification d'urgence

- Mise en place d'une structure d'organisation et de conduite chargée de la gestion des événements majeurs
- Elaboration de scénarios possibles avec plan d'intervention
- Préparation des machines et du matériel nécessaires à la prise de mesures immédiates

### 7.1.3 Mesures passives

Il s'agit de réduire le potentiel de dommages d'un événement naturel dans sa zone d'impact possible. Pour ce faire, il faut avant tout prendre des mesures en matière d'aménagement du territoire dans la zone d'habitation concernée. À cet effet, l'Office des affaires communales et de l'organisation du territoire du canton de Berne a élaboré un guide intitulé «La prise en compte des dangers naturels dans l'aménagement local». Les points les plus importants mentionnés dans ce guide sont résumés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 6 La prise en compte des dangers naturels dans l'aménagement (Guide pour l'aménagement local – édition 2009)**

Cas	Niveau de danger	Situation actuelle	Prise en compte au niveau de l'aménagement local
1	Rouge	Zone non constructible	Pas de création de zones à bâtir
2	Rouge	Zone à bâtir / non construite	Réaffectation en zone non constructible
3	Rouge	Zone à bâtir / construite	En principe maintien en zone à bâtir (1)
4	Bleu	Zone non constructible	Classement en zone à bâtir exceptionnellement admis (1) (2)
5	Bleu	Zone à bâtir / non construite	Maintien en zone à bâtir exceptionnellement admis (1) (2)
6	Bleu	Zone à bâtir / construite	En principe maintien en zone à bâtir (1)
7	Jaune		Observation d'une certaine réserve dans la zone à bâtir pour les affectations sensibles (voir description de l'article type).
8	Jaune et blanc		Observation d'une certaine réserve dans la zone à bâtir pour les affectations servant au maintien de l'ordre public (hôpitaux, service du feu, etc.), ainsi que là où de très gros dégâts sont envisageables.
9	Indication d'un danger (de degré indéterminé)	Zone non constructible / zone à bâtir	Pas de création de zones à bâtir (tant que le degré de danger n'est pas déterminé).

La carte des dangers ne comprend pas d'analyse des risques détaillée pour les zones exposées. Les tableaux ci-dessous contiennent la liste des principaux objets exposés pour chaque phénomène, ainsi que des principales mesures de protection envisageables.

### 7.1.4 Mesures actives

Par mesures de protection actives, on entend la construction d'ouvrages techniques de protection à l'endroit même où le phénomène prend naissance ou dans sa zone d'impact, afin de réduire le potentiel de danger. Il s'agit de vérifier régulièrement le bon fonctionnement et l'efficacité des ouvrages de protection techniques



existants. En ce qui concerne les projets de construction, chaque commune est compétente pour édicter des dispositions en la matière.

## 7.2 Objets situés dans la zone de danger bleue ou rouge

Ci-après se trouve la liste des objets situés dans la zone de danger bleue ou rouge. Seuls sont mentionnés les phénomènes dangereux qui se produisent dans la commune concernée et qui présentent un danger moyen (zone bleue), voire un danger élevé (zone rouge) pour les bâtiments habités en permanence du périmètre A.

**Tableau 7 Mise en danger par des phénomènes hydrologiques**

Cours d'eau	Objets concernés	Degré de danger	Mesures de protection possibles
La Trame	Immeubles et entrepôts, STEP	bleu	Examiner la faisabilité d'un lit ouvert au Sud-ouest de Tramelan et des possibilités de rétention.
Le Gô	Immeubles et entrepôts	bleu	Augmentation de la capacité hydraulique, optimiser la prise par en-dessous

**Tableau 8 Mise en danger par des glissements de terrain ou des coulées de boue**

Zone exposée	Objets concernés	Degré de danger	Mesures de protection possibles
Rue Virgile Rossel	Immeuble	bleu	Mesures de protection d'objet contre les coulées de terre

**Tableau 9 Mise en danger par des affaissements, des effondrements, des dolines**

Zone exposée	Objets concernés	Degré de danger	Mesures de protection possibles
Plateau des Reussilles	Plusieurs immeubles, notamment des fermes isolées	bleu	Mesures en cas des signes d'affaissements du sous-sol; p. ex. nivellements

Il n'y a pas de zone à risque bleue pour glissements permanents au sein du périmètre A de la commune de Tramelan. Aucun bâtiment habité n'existe dans les zones à risques bleues et rouges d'effondrements potentiels.

## 8. CONCLUSIONS

### 8.1 Situation de danger actuelle

#### Dangers hydrologiques (inondations)

- Lors d'un évènement, le bassin versant de la Trame doit drainer des masses d'eau qui dépassent les capacités hydrauliques naturelles. C'est pourquoi qu'il y a des inondations dans le village.
- Le ruisseau du Gô inonde souvent les terrains au Sud de la ligne de chemin de fer.

#### Mouvements de terrain (glissements, coulées de boue, chutes de pierres)

- Une zone de glissements permanents, très lents et de faible intensité touche à l'Est de la commune une zone habitée.
- Les secteurs avec un risque potentiel de coulées de terre se situent pour la plupart en marge de la zone habitée. Il faut s'attendre à des intensités faibles à moyennes.
- A quelques endroits (Plain des Reussilles, Sous le Saucy, Varines-sur le Château, Combe des Arses), mais en dehors de la zone habitée, il faut s'attendre aux chutes de pierres d'intensité moyenne à forte.

#### Affaissements, effondrements, dolines

Dans le Nord-ouest du territoire de la commune affleurent des roches karstiques sont assez répandues. Des nombreux bâtiments se situent dans cette zone. Il faut s'attendre à des intensités faibles à moyennes.

### 8.2 Mise en œuvre et application de la carte des dangers

La carte des dangers est l'un des documents servant de base à l'aménagement local du territoire, à la planification des mesures de protection, à la planification d'urgence ainsi qu'à la procédure d'octroi du permis de construire. La carte des dangers doit être mise en œuvre dans le plan de zones dans les deux ans qui suivent son achèvement. Les zones de danger doivent être prises en compte lors de la délimitation de nouvelles zones à bâtir. Pour ce qui est des zones à bâtir existantes, il s'agit de vérifier la situation de danger à l'aide de la carte des dangers et, le cas échéant, de procéder aux adaptations nécessaires.

Les demandes de construction concernant les zones de danger bleue et rouge doivent être adressées au service cantonal compétent. Pour les dangers hydrologiques, il s'agit de l'Office des ponts et chaussées, Arrondissement d'ingénieur en chef III, à Bienne, et pour tous les autres dangers, de l'Office des forêts, Division Dangers naturels, à Interlaken.

### 8.3 Durabilité de la carte des dangers

La carte des dangers est un document dynamique. En effet, les menaces liées aux événements naturels évoluent au fil du temps. C'est pourquoi il faut réévaluer périodiquement la validité de la carte des dangers et, au besoin, procéder aux adaptations nécessaires. Pour ce faire, il est important d'enregistrer et de documenter en permanence les nouveaux événements dans le cadastre des événements. La commune annonce les événements à l'Office des forêts, division dangers naturels à Interlaken, qui se charge des relevés. Par ailleurs, si, dans une zone de danger, les risques ont pu être réduits ou supprimés par des mesures de protection efficaces, il est possible d'abaisser le degré de danger de cette zone. Généralement, la carte des dangers est révisée avant la révision du plan de zones (tous les 10-15 ans).

## 9. DOCUMENTATION DE BASE

### 9.1 Documentation générale

- Office de l'information géographique du canton de Berne (2001): UP5, Plan d'ensemble numérique du canton de Berne au 1:5000
- Office de l'information géographique du canton de Berne (2000): Grenz25, Limites politiques du canton de Berne au 1:5000
- Office de l'information géographique du canton de Berne (1999): GN5, Réseau hydrographique du canton de Berne au 1:5000
- Service hydrologique et géologique national (1996): Atlas géologique de la Suisse au 1:25 000, feuille 1106 Moutier
- Office de l'économie hydraulique et énergétique du canton de Berne (1977): Données pour l'aménagement en eau potable du canton de Berne / Hydrogéologie de la Vallée de Tavannes

### 9.2 Documentation spécifique aux dangers naturels

- OACOT (2009): La prise en compte des dangers naturels dans l'aménagement local (guide pour l'aménagement local – édition 2009)
- Etablissements cantonaux d'assurance (2005): Recommandations – Protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels
- AG Nagef Kt. Bern (2005): Grundlagenpapier Risikostrategie Naturgefahren – Umgang mit dem Risiko Wasser-, Massenbewegungs- und Lawinenereignissen
- Bollinger D., Keusen H.R., Rovina H., Wildberger A., Wyss R. (2004): Entwurf Gefahreinstufung Rutschungen i.w.S., Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren (AGN)
- OFOR/OPC du canton de Berne (2003): Carte numérique des dangers naturels du canton de Berne – Modèle de données CD5 light
- BWG (2003): Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten. Praxishilfe des BWG
- AG Nagef Kt. Bern (2003): Schutzziele Kt. Bern für Siedlungen und Verkehrswege (Schutzzielmatrices)
- BWG, WSL (2002): Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten. Software zur Praxishilfe (HAKESCH Version 1.03)
- BWG (2002): Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten. Berichte des BWG Serie Wasser, Nr. 4
- Arbeitsgruppe Naturgefahren Kt. Bern (2002): Merkblatt Gefahrgutachten
- BWG (2001): Hochwasserschutz an Fliessgewässern. Wegleitungen des BWG
- KAWA/TBA/AGR Kt. Bern (1999): Achtung Naturgefahr – Verantwortung des Kantons und der Gemeinden im Umgang mit Naturgefahren
- BUWAL (1999): Umweltmaterialien Nr. 107/I Naturgefahren – Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren – Fallbeispiele und Daten
- BUWAL (1999): Umweltmaterialien Nr. 107/I Naturgefahren – Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren - Methode
- BUWAL (1998): Umweltmaterialien Nr. 85 Naturgefahren – Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren
- BWG Bundesamt für Wasser und Geologie (1998): Anforderungen an den Hochwasserschutz 95

- OFEE/OFAT/OFEFP (1997): Prise en compte des dangers dus aux mouvements de terrain dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire. Recommandations de l'Office fédéral de l'économie des eaux et de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage
- OFEE/OFAT/OFEFP (1997): Prise en compte des dangers dus aux crues dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire. Recommandations de l'Office fédéral de l'économie des eaux, de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, ainsi que de l'Office fédéral de l'aménagement du territoire
- Rickli Ch., Forster F. (1997): Einfluss verschiedener Standorteigenschaften auf die Schätzung von Hochwasserabflüssen in kleinen Einzugsgebieten. Schweiz. Z. Forstwes. 148
- Arbeitsgruppe für operationelle Hydrologie (GHO), Landeshydrologie und Geologie (1996): Empfehlung zur Abschätzung von Feststofffrachten in Wildbächen
- VAW (1995): Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie: Diskussion einiger kritischer Punkte bei der Abschätzung von Hochwasserabflüssen (massgebender Niederschlag, Abflussbildung, Fließzeiten im Gerinne). Unveröff. Bericht Nr. 4021 /93a. Zürich
- OFEE/OFEFP (1995): Légende modulable pour la cartographie des phénomènes
- Lehmann C. (1993): Zur Abschätzung der Feststofffracht in Wildbächen. Grundlagen und Anleitung. Geographica Bernensia G42. Bern
- Forster F. (1992): Hochwasserabflüsse in kleinen Einzugsgebieten. Unterlagen zur Fortbildungsveranstaltung der Forstlichen Arbeitsgruppe für Wildbach-, Hang- und Rensenverbau
- Rickenmann D. (1990): Bedload transport capacity of slurry flows at steep slopes. Mitteilung 103 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie. Zürich
- Smart G.M., Jaeggi M.N.R. (1983): Sedimenttransport in steilen Gerinnen. Mitt. der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie Nr. 64. Zürich
- EAFV (1979ff): Eidg. Anstalt für das Forstliche Versuchswesen (heute WSL): Starkniederschläge des schweizerischen Alpen- und Alpenrandgebietes. Birmensdorf

### 9.3 Rapports techniques

- Office des ponts et chaussées, arrondissement d'ingénieur en chef III (2009) : Cadastre des événements de la Commune de Tramelan
- Canton de Berne, Direction des travaux publics, Office des ponts et chaussées, assurance immobilière (sans année): Risques d'inondation dans le Canton de Berne, Commune de Tramelan, Carte des zones inondables 1:25'000
- Tiefbauamt des Kantons Bern (o.J.): Gewässernetz des Kantons Bern 1:5'000
- Scherrer AG (2009): Hochwasserabschätzung Trame.
- Réaménagement de la pisciculture de Tramelan.

**CSD Ingenieure und Geologen AG**



Auteurs: Hansruedi Steiner, docteur ès sciences, géologue diplômé  
Christoph Lehmann, docteur ès sciences, géomorphologue, hydrologue diplômé  
Peter Schmocker, ingénieur en génie rural diplômé  
Thomas Ninck, géologue diplômé  
Sibylle Fenner, géologue diplômée

Liebefeld, le 15 septembre 2011

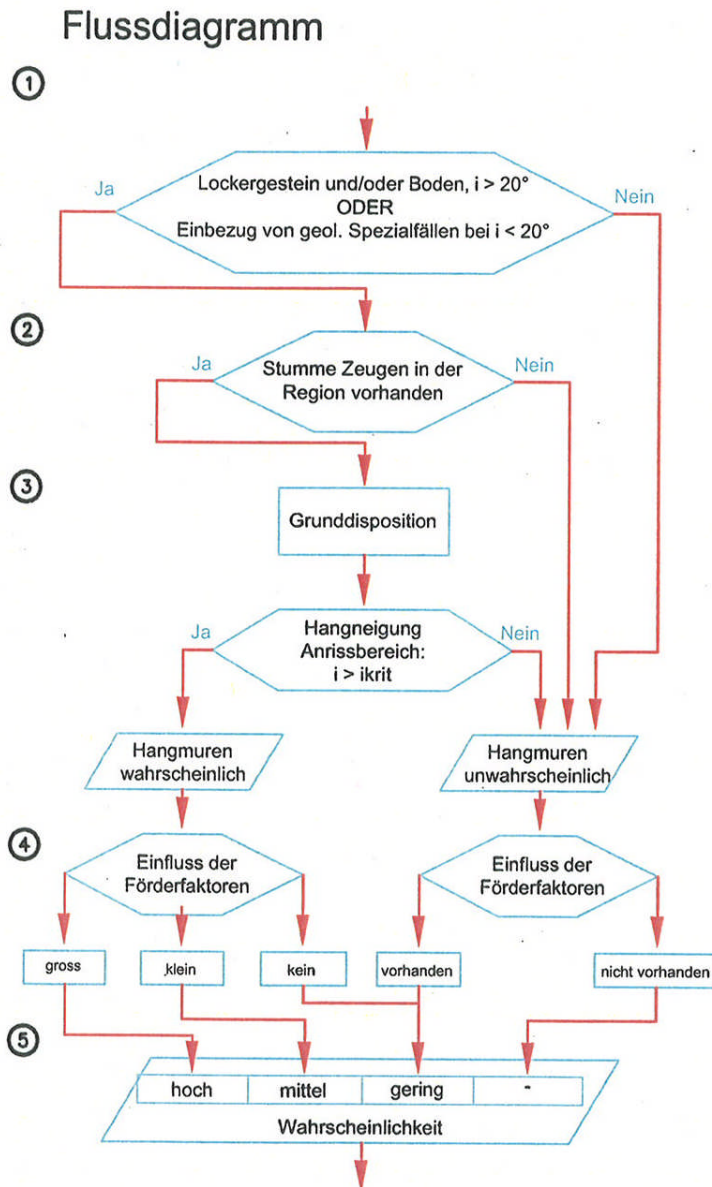
# **ANNEXE A**

**SCHÉMA RELATIF À L'ÉVALUATION DES COULÉES DE BOUE**

**(MÉTHODE DNG, 2004)**

Schéma relatif à l'évaluation des coulées de boue (méthode DNG, 2004)

Flussdiagramm und Kriterien zur Beurteilung der Wahrscheinlichkeiten von Hangmuren



**Kommentar**

**Einschränkung des Untersuchungsgebietes**

Das Untersuchungsgebiet wird festgelegt. Einbezogen werden Lockergesteinsböschungen und Bodenschichten mit folgenden Kriterien:

- Hänge mit einer Hangneigung > 20°
- geologische Spezialfälle, wo Hangmuren bei kleineren Hangneigungen vorkommen können (Gebiete mit geringer Scherfestigkeit, oder mit markanten Gleitflächen, etc.)

**Kartierung und Beurteilung der stummen Zeugen**

Die stummen Zeugen im Untersuchungsgebiet werden aufgenommen und beurteilt. U.a. wird die kritische Hangneigung (für den Abgang einer Hangmure) und deren Streubreite erfasst.

**Einbezug und Beurteilung der Grunddisposition**

Anhand eines statistischen Ansatzes wird die Grunddisposition eines topographisch und geologisch/geotechnischen Bereiches beurteilt. Anhand der stummen Zeugen wird die durchschnittliche effektive Hangneigung ( $i_{\text{quer}}$ ) und die Standardabweichung ( $i_s$ ) für den Abgang einer Hangmure in der Region in Abhängigkeit der Datenlage entweder berechnet oder abgeschätzt. Da es sich dabei um Operationen an Winkelmassen handelt, wird der Mittelwert und die Stdabw. über den Tangens der Neigungen berechnet.

Als Schwellenwert zur Ausscheidung von potentiellen Hangmurzonen wird die mittlere Hangneigung ( $i_{\text{quer}}$ ) um eine Standardabweichung ( $i_s$ ) abgemindert und als kritische Hangneigung bezeichnet ( $i_{\text{krit}}$ ).

Schlussendlich wird die Neigung des zu beurteilenden Hanges ( $i$ ) mit der kritischen Hangneigung verglichen. Ist ( $i$ ) grösser als ( $i_{\text{krit}}$ ) sind Hangmuren wahrscheinlich.

**Einbezug und Beurteilung der Förderfaktoren**

Die Anzahl der vorhandenen Förderfaktoren (Durchlässigkeitskontraste, Oberflächenbeschaffenheit, Geländeform, etc.) wird einbezogen und beurteilt.

**Bestimmung der Wahrscheinlichkeit**

Entsprechend der Beurteilung der Förderfaktoren ergibt sich dann die Eintretenswahrscheinlichkeit der Hangmuren.

## **ANNEXE B**

### **SCHÉMA RELATIF À L'ÉVALUATION DES GLISSEMENTS PERMANENTS (MÉTHODE DNG, 2004)**



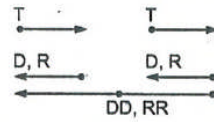
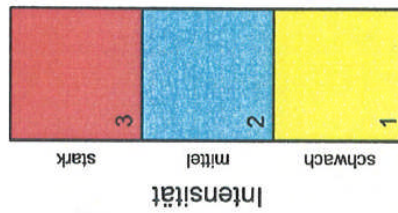
Schéma relatif à l'évaluation des glissements permanents (méthode DNG, 2004)

Flussdiagramm und Kriterien zur Beurteilung von permanenten Rutschungen

Intensitäts-Diagramm

kontinuierliche Prozesse

kontinuierliche Rutschungen  
Hangkriechen

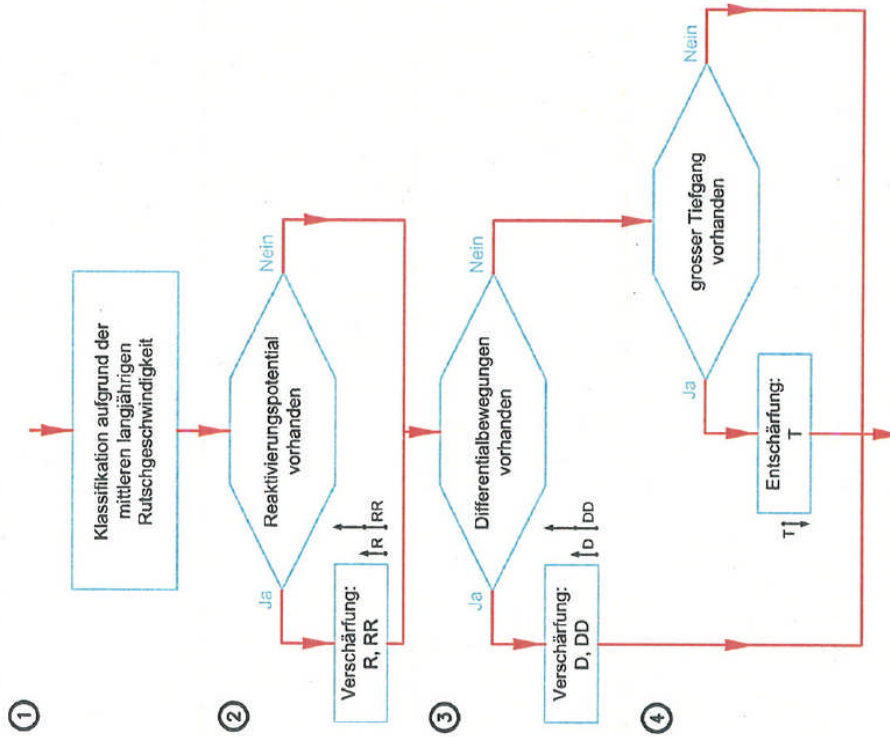


Ver- / Entschärfungen

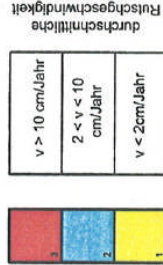
↑ Potential zur Reaktivierung (R) und/oder  
Differenzialbewegungen (D)  
↑ stark (DD, RR), mittel (D, R)

↑ mögliche Entschärfung bei grossem Tiefgang  
der Rutschung, gem. Flussdiagramm

Flussdiagramm



Kriterien



↑ RR: Reaktivierung starken Ausmasses  
 $\Delta v > 10v$  [cm/Jahr]

↑ R: Reaktivierung mittleren Ausmasses  
 $2v < \Delta v < 10v$  [cm/Jahr]

↑ DD: starke differenzielle Bewegungen  
 $d_i > 2$  [cm/m und Jahr]

↑ D: mittlere differenzielle Bewegung  
 $1 < d_i < 2$  [cm/m und Jahr]

↑ anwendbar für

- grössere, zusammenhängende Rutschmassen (z.B. > 10 ha)
- phänomenologisch homogene Bereiche
- durch Messungen dokumentierte gleiche Bewegungsdynamik

↑ T: Tiefgang der Rutschung  
l.d.R.:  $t > 20$  bis 30 m

## **ANNEXE C**

### **DOCUMENTATION PHOTOGRAPHIQUE RELATIVE AUX DANGERS D'INONDATIONS**

**Documentation photographique commun de Tramelan**

	<p>Trame (5.1.1):</p> <p>Le ruisseau est capté au niveau de la lisière derrière le téléski et dirigé en souterrain jusqu'à l'Est du village. En cas de crue en revanche, le ruisseau peut s'écouler sur le terrain jusqu'au village</p>
	<p>Trame (5.1.1):</p> <p>En suivant le chemin ou dans le champ, le ruisseau se dirige dans son ancien lit en direction des habitations qu'il peut endommager.</p>
	<p>Trame (5.1.1):</p> <p>L'eau s'accumule dans la station de recyclage puis se dirige en direction du bâtiment industriel.</p>



Trame (5.1.1):

En cas d'évènement de faible probabilité, le bassin est complètement inondé.



Trame (5.1.1):

L'eau s'écoule le long des bâtiments jusqu'à la gare.



Trame (5.1.1):

Elle peut également s'écouler le long de la rue de la Gare en direction de l'Est jusqu'au Denner.

	<p>Le Gô (5.1.2):</p> <p>Le ruisseau peut déborder sur le champ et s'écouler entre les deux bâtiments dans le fond.</p>
	<p>Le Gô (5.1.2):</p> <p>En cas d'obturation de la prise d'eau, l'eau peut s'écouler en direction des habitations.</p>
	<p>Ruisseau sans nom (5.1.3):</p> <p>Le captage du ruisseau se situe à proximité immédiate de la route cantonale.</p>



Ruisseau sans nom (5.1.3):

En cas d'obturation, l'eau s'écoule sur la route cantonale en direction de la STEP.

# **ANNEXE D**

## **DOCUMENTATION PHOTOGRAPHIQUE RELATIVE AUX MOUVEMENTS DE TERRAIN ET AUX AFFAISSEMENTS**

## Documentation photographique glissements, coulées de boue, chutes de pierres, affaissements commune de Tramelan



Glissement près du lieu-dit les Varine (5.2.5).

Les dépressions en avant-plan sont témoins de mouvements continus, les joncs sont des indicateurs d'humidité dans le sol.

En arrière-plan, une ouverture dans la couche végétale confirme la présence de petites coulées / glissements spontanés dans le secteur.



Profil de sol dans une fouille près de „Sur les Brues“ (5.3.2).

Les argiles de pente présentent une teneur élevée de limons. Corrélée à une pression d'eau au niveau des pores élevée, la résistance au cisaillement diminue drastiquement.



Pente présentant des prédispositions aux coulées de boue et aux glissements spontanés (secteur de la rue Virgile Rossel) (5.2.2).

L'épaisseur du sol est très faible (< 0.5 m). Le piétinement du bétail peut accélérer le déclenchement de ces phénomènes.





Ancienne carrière „Sous le Saucy“ (5.4.2).

Les éventuels blocs qui se détachent sont immobilisés sur la place en pied de talus.



Coupe dans la roche près de „Plain des Reusilles“ (5.4.1).

Les couches de calcaires et les failles permettent d'estimer les dimensions d'éventuels blocs.



Phénomène d'affaissement près du Bousset (5.5).

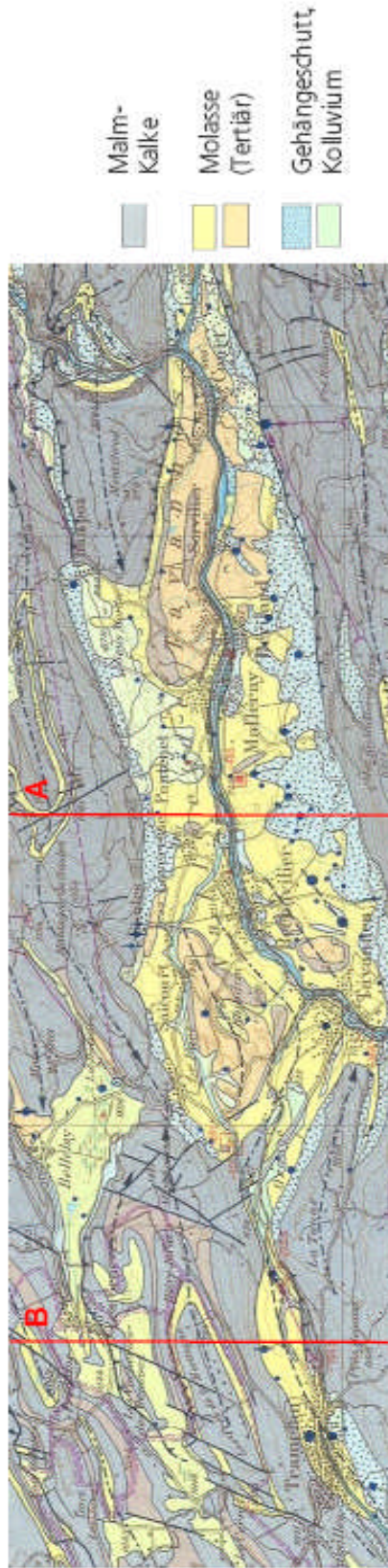
Des phénomènes de karstification dans le sous-sol engendrent la formation de dolines. En surface, des affaissements sont observés.

# **ANNEXE E**

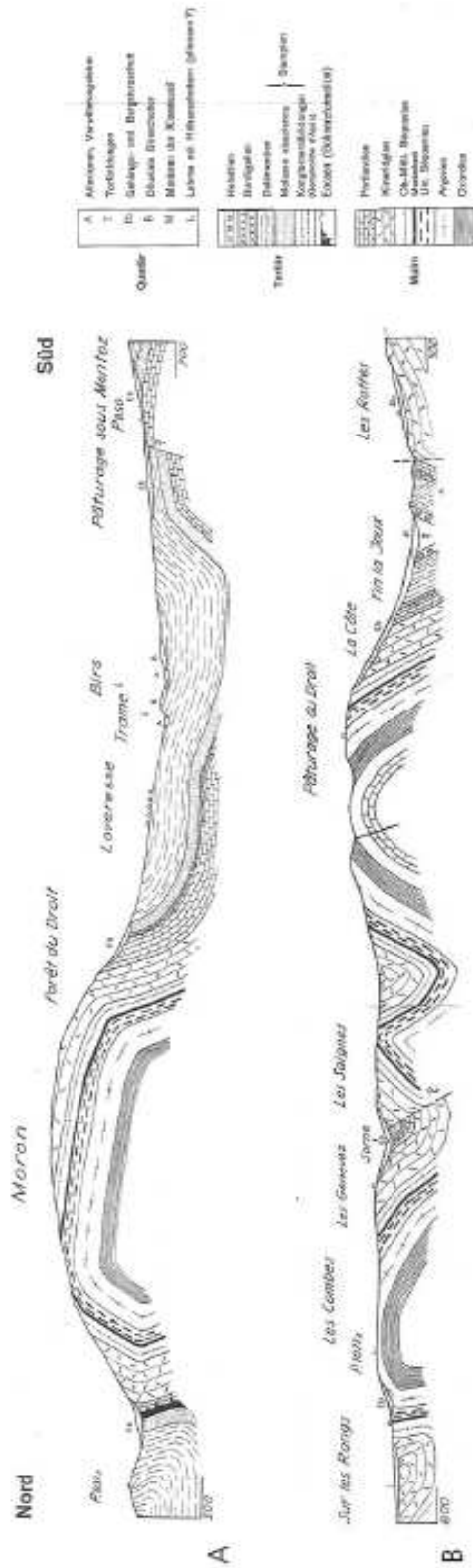
## **SITUATION ET COUPES GÉOLOGIQUES (RÉGION TRAMELAN – VALLÉE DE TAVANNES)**

Situation et coupes géologiques (région Tramelan – Vallée de Tavannes)

Geologische Übersicht (Ausschnitt aus „Hydrogeolog. Karte der Schweiz“, Blatt Biel, Schweiz. Geotechn. Kom., 1991, 1:100'000)



Schematische Profile (aus „Geolog. Profile durch Blatt Tavannes, W. Rothpletz, 1931, nicht massstäblich)



## **ANNEXE F**

### **CARTE DES PHÉNOMÈNES : PROCESSUS AFFAISSEMENT**

Commune de Tramelan

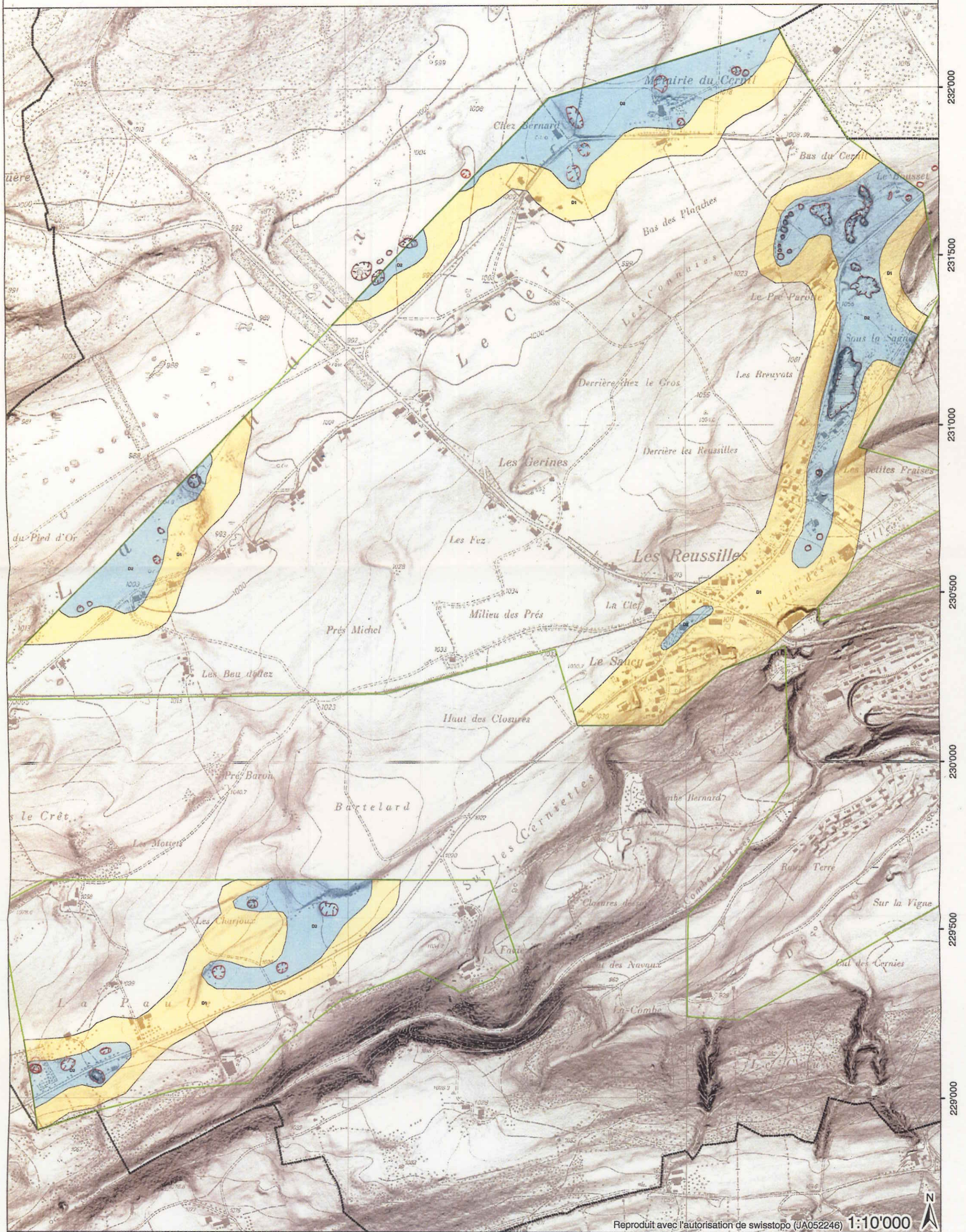
Carte des phénomènes: Processus d'affaissement

C'S'D'

Annexe F



Doline existante



Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (JA052246) 1:10'000



571'000 571'500 572'000 572'500 573'000 573'500 229'000 229'500 230'000 230'500 231'000 231'500 232'000