



PLU

- Plan Local d'Urbanisme -

Commune de

OBERHASLACH

RAPPORT BRGM : ZONES SOUMISES A L'ALEA EFFONDREMENTS ET AFFAISSEMENTS KARSTIQUES

Elaboration POS le : 23/10/1986
Modification POS n°1 le : 06/01/1989
Modification POS n°2 le : 20/01/2014
RNU le : 27/03/2017

**REVISION DU POS VALANT
TRANSFORMATION EN PLU**

APPROBATION

Vu pour être annexé à la délibération du Conseil
Municipal du 15/07/2019,

A Oberhaslach,
le 15/07/2019

Le Maire,
Jean BIEHLER



Agence Territoriale d'Ingénierie Publique
TERRITOIRE SUD 53 rue de Sélestat

67210 OBERNAI





**Identification des zones soumises à l'aléa
effondrements et affaissements karstiques
sur le territoire de la commune
d'Oberhaslach au niveau du bourg et du
lieu-dit Schotten**

Rapport final

BRGM/RP-62765-FR
Septembre 2013



Géosciences pour une Terre durable

brgm

**Identification des zones soumises à l'aléa
effondrements et affaissements karstiques
sur le territoire de la commune
d'Oberhaslach au niveau du bourg et du lieu-
dit Schotten
Rapport final**

BRGM/RP-62765-FR
Septembre 2013

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 11RIS2004

D. Cruz Mermy, B. Pierrelvein
avec la collaboration de
C. Baierer et C. Mathon

Vérificateur :

Nom : E. Vanoudeusden

Date : 10/10/2013

Approbateur :

Nom : AV Barras

Date : 31/10/2013

Signature : 

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

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



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Mots clés : affaissement, effondrement, réseau karstique, carte d'aléa, LIDAR, doline, cavités, Oberhaslach, Bas-Rhin, Alsace

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

Cruz Mermy D., Pierrevelcin B. avec la collaboration de Baierer C, Mathon C. (2013). Identification des zones soumises à l'aléa effondrements et affaissements karstiques sur le territoire de la commune d'Oberhaslach au niveau du bourg et du lieu-dit Schotten - Rapport final. BRGM/RC-62765-FR, 99 p. 31 ill., 7 ann.

© BRGM, 2013, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

La commune d'Oberhaslach (Bas-Rhin) a fait appel à la Direction Régionale Alsace du BRGM pour réaliser une cartographie de l'aléa « effondrement/affaissement karstique ». Un certain nombre d'évènements de cette nature se sont produits sur le territoire communal, en rive gauche de la Hasel, au niveau du village. Par leur ampleur (quelques mètres de diamètre et de profondeur), ces derniers ont mis en danger les biens et les personnes.

En mars 2012, un levé LiDAR aérien a été réalisé par le cabinet de géomètres GUELLE & FUCHS pour permettre une analyse fine de la microtopographie. Au printemps 2013, des investigations de terrain ont été réalisées pour reconnaître l'ensemble de la zone étudiée (1,3 km²). A cette occasion, des expertises géologiques complémentaires ont été effectuées (contrôle des anomalies détectées à l'aide du LiDAR, sondages à la tarière à main, observations complémentaires), ainsi qu'une enquête auprès de la Mairie et des riverains.

La présente étude, après une analyse détaillée du contexte géologique et hydrogéologique, répond chronologiquement aux objectifs suivants :

- Inventaire des évènements connus et réalisation d'une carte de synthèse des phénomènes d'effondrements/affaissements.
- Définition de niveaux d'aléa et cartographie de ces derniers à l'échelle 1/5000.
- Recommandations en termes d'urbanisme et/ou d'investigations complémentaires à réaliser.

Seuls les phénomènes d'effondrements/affaissements d'origine naturelle sont pris en compte dans cette étude.

La carte d'aléa produite – zones d'aléa fort et moyen centrées sur les évènements avérés associés à un karst et une faille - n'a pas de caractère réglementaire, mais l'amélioration de la connaissance des phénomènes qu'elle traduit peut être intégrée dans tout document communal d'information sur les risques, ou de planification de l'urbanisme type PLU.

TABLE DES MATIERES

1. Introduction	9
2. Contexte de la zone d'étude	11
2.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE	11
2.1.1. Données géographiques	11
2.1.2. Réseau hydrographique	11
2.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE	12
2.2.1. Faille Vosgienne	12
2.2.2. Formation primaire du Nideck	12
2.2.3. Grès triasiques	13
2.2.4. Muschelkalk et Lettenkohle	13
2.2.5. Dépôts quaternaires	14
2.3. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	16
2.3.1. Nappe des grès triasiques	16
2.3.2. Nappe du Muschelkalk et Lettenkohle	17
2.3.3. Nappe issue des milieux cristallins	17
2.3.4. Champs de fractures des collines sous-vosgiennes	18
2.4. DONNEES ISSUES DE LA BSS	18
2.4.1. Forages	18
2.4.2. Sources	19
3. Définition des phénomènes étudiés	21
3.1. DESCRIPTION ET ORIGINE D'UN KARST	21
3.2. LA KARSTIFICATION A OBERHASLACH ET FORMATIONS POTENTIELLEMENT CONCERNEES	22
3.2.1. Formations potentiellement karstifiables	22
3.2.2. Désordres de surface potentiels	23
3.2.3. Travaux préventifs réalisés	24
4. Méthodologie	27
4.1. DONNEES UTILISEES	27
4.1.1. Bases de données	27
4.1.2. Rapports et cartes	27
4.1.3. Données d'archives et enquête de terrain	27
4.1.4. Photos aériennes	28
4.1.5. Données LiDAR	28
4.1.6. Sondages à la tarière	29

4.2. ANALYSE MORPHOLOGIQUE DU MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN	30
4.2.1. Traitement des données	30
4.2.2. Elaboration d'une méthode de détection des phénomènes par ordinateur	30
4.3. DEFINITION ET ZONAGE DE L'ALEA	31
4.3.1. Définitions	31
4.3.2. Détermination des classes d'aléa	33
4.3.3. Délimitation des zones d'aléa et limites de l'exercice.....	33
5. Résultats	35
5.1. PHENOMENES AVERES SUR LA COMMUNE	35
5.1.1. Effondrements localisés (fontis).....	35
5.1.2. Affaissements.....	39
5.1.3. Autres désordres souterrains.....	39
5.1.4. Détermination des classes d'aléas	39
5.2. PHENOMENES PROBABLES.....	41
5.2.1. Observations de terrain et du LiDAR	41
5.2.2. Interprétation des indices.....	43
5.2.3. Conclusion	43
5.4. INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES.....	44
5.4.1. Nature et épaisseur du recouvrement.....	44
5.4.2. Présence de failles	46
5.5. LIMITES DU RESEAU KARSTIQUE	48
5.6. CARTE DE SYNTHESE DU PHENOMENE D'EFFONDREMENT / AFFAISSEMENT	48
5.7. CARTOGRAPHIE DE L'ALEA « EFFONDREMENT/AFFAISSEMENT KARSTIQUE ».....	50
5.7.1. Limites de l'étude	50
5.7.2. Carte d'aléa	50
5.7.3. Portée du document	51
6. Conclusions.....	55
7. Données complémentaires sur les mouvements superficiels (optionnel)	57
7.1.1. Présence de glissements de terrain.....	57
7.1.2. Reptation	59
8. Bibliographie	63

Liste des illustrations

Illustration 1 : Schéma stratigraphique d'Oberhaslach (modifié d'après Hirlemann, 1970)	15
Illustration 2 : Récapitulatif des aquifères drainés par les sources répertoriées en BSS sur la commune d'Oberhaslach.	19
Illustration 3 : Carte de localisation des sources répertoriées en BSS sur la commune d'Oberhaslach.	20
Illustration 4 : Modèle typique d'un système karstique (source : Agence de l'eau RMC, d'après Mangin 1975)	21
Illustration 5 : Fontis sur un plateau agricole en Picardie (source : BRGM)	23
Illustration 6 : Secteur potentiellement karstifiable et zone sensible sur la commune d'Oberhaslach	25
Illustration 7 : Couverture du nuage de points LiDAR	29
Illustration 8 : Hiérarchisation des classes d'intensité pour un fontis (d'après le Guide Méthodologique des PPRM)	32
Illustration 9 : Grille de hiérarchisation des classes d'aléa pour l'aléa « fontis » selon le guide méthodologique cavités souterraines abandonnées 2012	33
Illustration 10 : Vue de la perte du Ringelsbaechel	35
Illustration 11 : Datation estimée de la perte du Ringelsbaechel.....	36
Illustration 12 : Fontis de l'école (1998)	36
Illustration 13 : Carte des effondrements connus (fontis).	37
Illustration 14 : Tableau récapitulatif des effondrements recensés sur la commune d'Oberhaslach	38
Illustration 15 : Classes d'intensités des « fontis » connus de la commune d'Oberhaslach	40
Illustration 16 : Formes typiquement retrouvées sur le terrain.....	41
Illustration 17 : Vue de la perte du Ringelbaechel par effet d'ombrage du MNT	41
Illustration 18 : Anomalies dépressionnaires au lieu-dit Schotten, vues sur le MNT ombré (en haut) et par la méthode du MNT résiduel (en bas).....	42
Illustration 19 : Exemple d'un profil de sol argileux extrait à la tarière à main	44
Illustration 20 : Carte de profondeur du calcaire issue des forages BSS	45
Illustration 21 : Lien entre les failles et la présence d'un réseau karstique	47
Illustration 22 : Carte de synthèse de l'aléa "effondrement/affaissement karstique"	49
Illustration 23 : Carte d'aléa « effondrement/affaissement karstique »	53
Illustration 24 : Dépôts en pied et ablations en milieu de versant	57
Illustration 25 : Trace du glissement de 1954 révélées par le MNT ombré	58
Illustration 26 : Glissement de 1982 au lieu-dit "Hopfen" (source : Mairie d'Oberhaslach)	58
Illustration 27: Arbres penchés observés sur le terrain.....	59

Illustration 28 : Carte des glissements connus	60
Illustration 29 : Tableau récapitulatif des glissements de terrain recensés sur la commune d'Oberhaslach	61
Illustration 30 : Carte des phénomènes de reptation probables	62
Illustration 31: Tableau récapitulatif des phénomènes de reptation probables	62

Liste des annexes

Annexe 1 : Détection d'anomalies par la méthode du MNT résiduel	65
Annexe 2 : Calcul du réseau de drainage	69
Annexe 3 : Indices d'effondrements et d'affaissements	73
Annexe 4 : Données géologiques exploitées	77
Annexe 5 : Description des profils	81
Annexe 6 : Zonage réalisé en 1987 par Lebon et Talbot	87
Annexe 7 : Carte d'aléa affaissement / effondrement karstique sur un fond de plan à l'échelle du 1/ 1000	91

1. Introduction

La commune d'Oberhaslach (Bas-Rhin) est située en partie sur les calcaires du Muschelkalk, en bordure du massif Vosgien et du fossé Rhénan. Ces calcaires sont affectés par des phénomènes de dissolution karstique à l'origine d'effondrements/affaissements affectant les terrains en surface : plusieurs évènements notables se sont produits au cours du 20^{ème} siècle, le dernier - au niveau de l'école - datant de 1998. Ces évènements sont de nature à mettre en danger les biens et les personnes. Une étude du BRGM réalisée en 1987 a émis l'hypothèse de l'existence de circulations d'eau dans les calcaires du Muschelkalk dans un réseau karstique guidé par des failles. Le débit et l'agressivité des eaux provenant du massif gréseux Vosgien voisin expliqueraient leur capacité de dissolution.

La ville d'Oberhaslach et le BRGM ont donc signé, en date du 27/12/2011, une convention de recherche & développement pour **élaborer une carte d'aléa effondrement/affaissement karstique sur une zone de 1.3 km² située en rive gauche de la Hasel** (solution de base). Pour chaque niveau d'aléa retenu, il sera *in fine* proposé des recommandations en termes d'urbanisme et/ou d'investigations complémentaires à réaliser.

Dans le cadre de cette étude, un levé LiDAR aérien a été réalisé en mars 2012 par le cabinet de géomètres GUELLE & FUCHS, dans le but de détecter d'éventuelles anomalies topographiques indiscernables de visu.

2. Contexte de la zone d'étude

2.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

2.1.1. Données géographiques

Oberhaslach est dans le département du Bas-Rhin. Le village est situé à 40 km à l'Ouest de Strasbourg, entre Molsheim et Schirmeck. L'agglomération est située dans une vallée, entre 255 et 340m d'altitude, au pied de reliefs atteignant 967 m en limite Nord-Ouest de la commune (montagne du Baerenberg). Oberhaslach compte 1 809 habitants (recensement publié en 2012) avec une densité de 71,73 personnes par km². La superficie de son territoire est de 2 526 ha (env. 25 km²) dont 1 946 ha de forêts, soit presque 80 % de son étendue (données issues du site internet de la commune).

2.1.2. Réseau hydrographique

Le secteur étudié est situé dans le bassin versant de la Bruche, en rive gauche de cette dernière. L'Est du village s'ouvre vers la vallée de la Bruche, à son débouché sur la plaine du Rhin.

La partie Ouest du village est parcourue de nombreux cours d'eau s'écoulant dans des vallons, se déversant eux-mêmes dans la Hasel, affluent de la Bruche en rive gauche. Le Ringelsbaechel longe la bordure Nord de la commune et se perd dans le sous-sol en sortie de forêt, au Nord-Ouest de la zone urbanisée.

Ces cours d'eau sont alimentés par les pluies et la fonte des neiges dans le Massif Vosgien, et sont très réactifs aux précipitations.

2.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE

C. illustrations 1 et 22

2.2.1. Faille Vosgienne

La géologie de ce secteur est marquée par la présence de la faille Vosgienne qui met en contact les grès du trias inférieur avec les formations calcaires et marneuses du Muschelkalk. Ainsi, deux compartiments affleurent en surface :

- un compartiment Ouest composé par les grès triasiques dits « grès Vosgiens », associés aux roches métamorphiques et sédimentaires du Massif Vosgien Nord (tufs, brèches, rhyolites et grès du Permien, « formation du Nideck »).
- un compartiment Est constitué par les calcaires coquilliers du Muschelkalk. Ces formations appartiennent au champ de fractures de Saverne. Elles sont largement recouvertes par des dépôts d'âges tertiaire et quaternaire.

En partie Ouest de la commune, la structure tabulaire des grès forment de vastes replats dépassant les 700 mètres d'altitude. Au niveau des failles, le relief décroît rapidement. Le substratum est constitué des calcaires, marnes et marnes à sel gemme et à gypse du Muschelkalk et de la Lettenkohle, recouverts par endroit par des matériaux de solifluxion, constitués de blocs de grès inclus dans une matrice sablo-argileuse.

2.2.2. Formation primaire du Nideck

Au Nord de la vallée de la Bruche, le Bassin Permien du Nideck est constitué de coulées rhyolitiques encadrées par des entablements de grès vosgiens. La dislocation des formations volcaniques permienues du Nideck montre que les Vosges du Nord ont été largement affectées par une tectonique cassante dont les failles ont principalement des directions N40° ou N110°. Les failles sont relativement nombreuses et découpent le terrain en nombreux compartiments.

La formation est constituée d'un ensemble de tufs, grès, conglomérats, formations rhyolitiques et ignimbritiques, épais de 200 à 300 mètres (Mihara 1935, Ménillet et al. 1975). Elle n'est pas concernée par l'aléa « effondrement/affaissement », mais peut être sujette à des glissements de terrain.

2.2.3. Grès triasiques

Les grès Vosgiens sont ici constitués de bancs compacts, de bancs friables et de lentilles argileuses, disposés de façon irrégulière. Ils sont fragmentés par des failles et diaclases. Les pentes raides sont recouvertes d'éboulis et de formations superficielles renfermant des blocs rocheux. Celles-ci ont une matrice généralement sableuse, voire sablo-argileuse.

Les grès Vosgiens, également, ne sont pas concernés par l'aléa « effondrement/affaissement ». En revanche, ils peuvent être sujets à des glissements de terrain. Ces formations constituent un important aquifère et sont à l'origine de l'acidité de ses eaux.

2.2.4. Muschelkalk et Lettenkohle

Les formations du Muschelkalk et de la Lettenkohle contiennent les couches géologiques concernées par les phénomènes de dissolution karstique.

a) Faille

La faille principale présente un rejet entre les formations t1b1 et t5b estimé à environ 150 mètres, correspondant aux formations t2 à t4b (Muschelkalk inférieur et moyen).

b) t3 : Muschelkalk inférieur, grès coquilliers et Dolomie

Les grès coquilliers ont une épaisseur d'environ 40 m. Les grès calcaires ou dolomitiques à grains fins alternent avec des lits argileux. La dolomie à *Myophoria orbicularis*, gréseuse, schisto-gréseuse ou compacte, est épaisse de 6-7 m.

c) t4b-t4a : Muschelkalk moyen, formation argileuse des couches grises et rouges

Puissante d'environ 40 m, cette formation est constituée de marnes schisteuses dolomitiques feuilletées, avec présence de gypse fibreux et d'anhydrite à la base de la formation. Cette base du Muschelkalk moyen, épaisse d'environ 20 m, correspond à des argiles bariolées à nombreux filons minces de gypse ou de plaquettes microgréseuses, parfois dolomitiques. Cette formation n'affleure pas directement sur la commune.

d) t5b : Muschelkalk supérieur, calcaire à Cératites

Épaisse de 35 à 40 m, cette formation présente une stratification en bancs minces alternant avec des lits marneux réguliers. A la suite des phénomènes de dissolution karstique dans la masse des calcaires et du départ des évaporites dans les marnes bariolées sous-jacentes, la morphologie des surfaces couvertes de calcaires coquilliers présente de nombreuses anomalies telles que des dolines et des effondrements locaux, et un pendage général en bordure des reliefs avec glissement le long des pentes.

e) t6a : Lettenkohle inférieure

La formation est composée de calcaire et de dolomie. Régression des lits marneux et présence de gros bancs épais (1 m) de dolomies compactes ou grenues présentant une allure massive (10 m). Les calcaires dolomitiques sont bleu foncé, jaune par

altération. En partie basse de la formation est présent un banc de calcaire dolomitique épais de 1 m en cours d'altération, mais globalement la base de la formation est marneuse.

f) t6b-c : Lettenkohle moyenne et supérieure, marnes bariolées et dolomie

On trouve une couche de 5 à 6 m de marnes avec intercalations de bancs dolomitiques.

g) t7 : Keuper inférieur, marnes irisées inférieures, marnes à sel gemme et à gypse.

Ce complexe atteint près de 100 m. On y trouve de bas en haut :

- 2 à 3 m de marnes dolomitiques, sans pseudomorphes de sel,
- 80 m de marnes à pseudomorphoses de sel, avec plaquettes gréseuses minces et intercalations de masses de gypse,
- 4 à 8 m de marnes dolomitiques gréseuses à intercalations plus dures de calcaires marneux

2.2.5. Dépôts quaternaires

On trouve par endroits des dépôts de solifluxion (S) variés masquant la roche en place. Ainsi, des couches sensibles à la karstification peuvent être dissimulées par ces derniers. Ces dépôts sont le produit de la destruction lente des assises du grès et sont constitués d'une matrice sableuse, parfois plus ou moins argileuse, emballant des blocs et des cailloux. Ils sont compacts et perméables, et épais de plusieurs mètres par endroit.

On trouve également des alluvions holocènes (Fz/Fy) : celles-ci sont généralement fines, et elles recouvrent des alluvions wurmiennes généralement plus grossières.

Enfin, on trouve des colluvions déposées du Würm à l'Holocène (Cy-z) : elles sont constituées d'un matériel limono-argileux dominant. Des argiles à cailloutis remplissent les vallons dans le domaine d'affleurement du Muschelkalk et du Keuper.

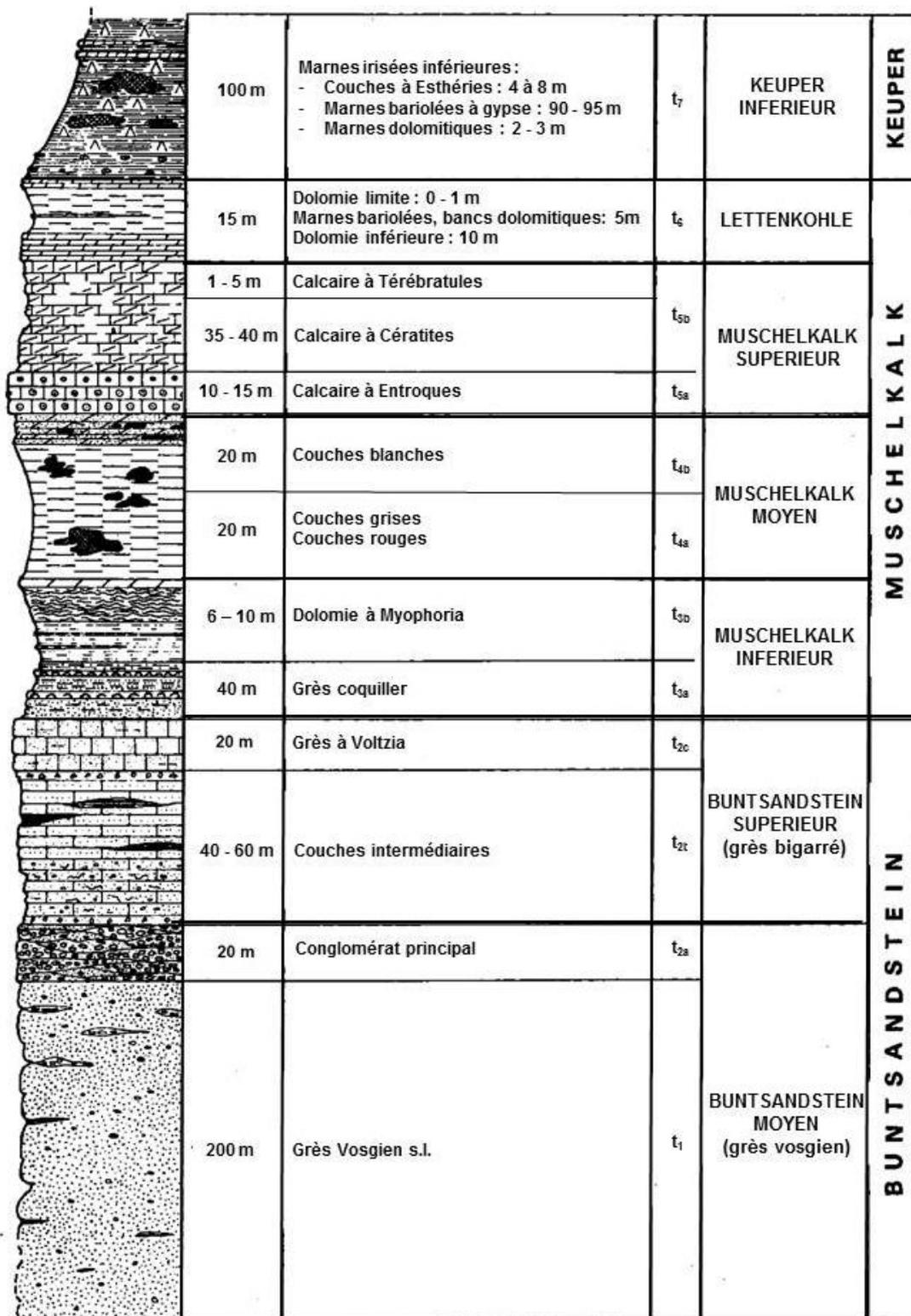


Illustration 1 : Schéma stratigraphique d'Oberhaslach (modifié d'après Hirlemann, 1970)

2.3. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Trois nappes d'eau souterraine sont présentes au niveau de la commune d'Oberhaslach :

- la première est comprise dans les formations de Grès du Trias Supérieur et Grès du Trias Inférieur (GTI), et est exploitée par captages de sources et forages,
- la seconde se situe dans les séries comprises entre le Muschelkalk moyen et la Lettenkohle, dans un système karstifié,
- la dernière se situe au sein des formations primaires et cristallines de la partie Ouest, avec émergences locales.

Les nappes issues des grès triasiques et formations cristallines sont drainées par la vallée du Haselbaechel qui traverse la commune d'Ouest en Est. La faille vosgienne met en contact le grand réservoir d'eau constitué par le massif des grès vosgiens avec des formations marneuses et calcaires du Muschelkalk.

2.3.1. Nappe des grès triasiques

Sur la commune d'Oberhaslach, l'aquifère du Grès Vosgien Inférieur et Supérieur est affleurant à l'Ouest de la faille Vosgienne, et situé sous le niveau topographique à l'Est de la faille, ou il est recouvert par les formations plus récentes.

La grande extension et l'épaisseur des grès permettent l'infiltration d'une partie des eaux météoriques et la constitution de ressources en eau exploitées à Oberhaslach sous forme de sources captées.

En théorie, les sources sont réparties sur l'ensemble des affleurements gréseux, mais sont d'importance variable suivant leur situation :

- Les sources perchées, généralement de faible débit, à flanc de colline à la faveur de diaclases, de failles, ou de couches moins perméables,
- Les fonds de vallée dans les niveaux inférieurs ou à la base du Grès Vosgien constituent des exutoires de nappes plus importantes à la faveur d'entailles topographiques. Les débits dans le secteur peuvent dépasser les 5 l/s (Ménillet et al. 1975).

Les caractéristiques chimiques des eaux issues des grès vosgiens sont voisines de celles des terrains cristallins : ce sont des eaux agressives avec un pH compris entre 6 et 7, très peu minéralisées, de dureté inférieure à 2°F, avec des concentrations en fer généralement fortes.

La nappe du Grès du Trias Inférieur, aussi appelée « Nappe des GTI » est un aquifère de grande extension et très fortement sollicité, d'une part pour l'alimentation en eau potable, et d'autre part pour les besoins en eau des industries et de l'agriculture.

2.3.2. Nappe du Muschelkalk et Lettenkohle

Cette nappe se situe principalement dans le Muschelkalk Supérieur (calcaires à Entroques et couches à Cératites). La base du Muschelkalk Moyen et le Muschelkalk inférieur forment un écran entre la nappe du Muschelkalk et la nappe inférieure des GTI. Le Muschelkalk est érodé via le processus de karstification, ensemble de processus d'érosion par l'eau souterraine chargée de CO₂, transformant les roches carbonatées, constituant des aquifères fissurés, en aquifères karstiques dans lesquels l'eau peut circuler rapidement selon des directions préférentielles. Le potentiel de karstification sur le secteur est fort pour les raisons suivantes :

- infiltration de pertes de ruisseau au sommet de la formation,
- gradient des écoulements souterrains, moteurs de l'érosion, probablement élevé au sein des 40 m de calcaire,
- caractère agressif de l'eau chargée en CO₂ issue des grès.

2.3.3. Nappe issue des milieux cristallins

Les terrains primaires rhyolitiques de la Formation du Nideck, roches siliceuses compactes, constituent un aquifère de type socle. Le rôle de réservoir est assuré principalement par la zone de roche altérée, développée depuis la surface et présentant une porosité d'interstices, tandis que l'eau circule surtout dans le réseau de discontinuités (fractures, joints, diaclases) existant plus en profondeur, et dans les discontinuités majeures. Les eaux météoritiques s'infiltrent et se concentrent dans les zones fracturées et dans les arènes constituées de sables grossiers et de blocs.

D'après Lachassagne et Wyns (2006), l'exploitation traditionnelle des aquifères de socle repose sur le captage des sources de débordement et émergences diffuses qui en sont issues. Les sources drainent des zones altérées (voire des formations superficielles). Elles naissent à la faveur des reliefs ou des petites vallées, lorsque la surface piézométrique recoupe la topographie. La structure bicouche se traduit par une surface piézométrique relativement proche de la surface du sol compte tenu de la perméabilité moyenne généralement médiocre du socle et de l'importance des apports par les précipitations atmosphériques. Le débit de ces sources est généralement modeste et soumis à des variations saisonnières. Sur la feuille géologique de Molsheim les eaux de sources sont caractérisées par un pH compris entre 5,5 et 7, elles sont très peu minéralisées et agressives (8-12 mg/l de CO₂ agressif).

Sur le secteur d'Oberhaslach, les ressources disponibles dans ces formations sont uniquement constituées par des émergences de nappes locales très réduites. D'après la BSS, deux sources sont captées au niveau du lieu-dit de Klimt. On note également un ruisseau temporaire issu de ces formations se terminant dans une perte au niveau du lieu-dit Kobaechel, au Sud d'Oberhaslach.

2.3.4. Champs de fractures des collines sous-vosgiennes

Sur le flanc alsacien, la tectonique a partiellement découpé et comprimé les formations et réservoirs cités précédemment. Il en résulte de petits réservoirs alimentés par les eaux météoritiques qui s'infiltrent et circulent le long des discontinuités.

2.4. DONNEES ISSUES DE LA BSS

Une extraction des données de forages existants, recensées dans la Banque Nationale du Sous-Sol (BSS) au niveau du secteur d'étude a été réalisée. Les données sont les suivantes :

2.4.1. Forages

a) Forage 02712X0032/F

Au lieu-dit « Spielfeld » au Nord-Nord-Ouest d'Oberhaslach :

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 0.3 m	SUPERF: TERRE	QUATERNAIRE
De 0.3 à 2 m	EBOULIS: ROC/ARGILE/SABLE/GRES, RARE EN-GRAVIER/	
De 2 à 6 m	PRE/MARNE, BRUN/MARNE, GRIS/	MUSCHELKALK- SUP
De 6 à 8 m	CALCAIRE, OCRE (TACHES BEIGES, VEINULES CALCITE MILLIM)	
De 8 à 25 m	PRE/CALCAIRE/MARNE/	
De 25 à 27 m	CALCAIRE, GRIS OCRE COQUILLIER	
De 27 à 29 m	CALCAIRE, DOLOMITIQUE SABLEUX ALTERE OCRE	
De 29 à 35 m	PRE/CALCAIRE, GRIS MOYEN/CALCAIRE, ARGILEUX JAUNE; CALCITE	
De 35 à 41 m	CALCAIRE, GRIS DUR (COUCHES A CERATITES SUR CALCAIRES A ENTROQUES)	

b) Forage 02712X0020/F

Sur le terrain de SODETEG à l'Est d'Oberhaslach :

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 0.2 m	TERRE VEGETALE	QUATERNAIRE
De 0.2 à 1.5 m	CALCAIRES MARNEUX	MUSCHELKALK -SUP
De 1.5 à 13 m	CALCAIRES FISSURES	
De 13 à 66 m	CALCAIRES TRES DURS	

Les terrains du Muschelkalk correspondent donc à des niveaux marneux et calcaires.

c) Piézomètres 02712X0041 et 02712X0042

Les deux piézomètres sont situés au sud-est d'Oberhaslach près du cours d'eau ; de profondeur 6m et 6,5m ils montrent uniquement la présence de graviers et sables à passées argileuses dans la limite de ces profondeurs.

2.4.2. Sources

Le rapport d'inventaire hydrogéologique de la feuille de Molsheim daté de 1973, fait état de 20 sources sur le territoire de la commune d'Oberhaslach, dont 14 captées. Il est également fait mention d'un forage d'alimentation en eau potable, situé à l'ouest du village. Ce point n'a pas pu être identifié précisément dans la BSS.

En 2012, 21 sources sont répertoriées dans la BSS, dont 19 captées pour des usages publics ou privés, et 2 non-captées (cf. *Illustration 2* et *Illustration 3*).

Formation géologique	Nombre de sources inventoriées en BSS
t _{1b1} : Grès Vosgien Supérieur	10 (dont 2 non-captées)
t _{1b} ou pr _{2-3b} : Grès Vosgien Supérieur ou Ignimbrites rhyolitiques du Nideck	2 (captées)
t _{1a} : Grès Vosgien Inférieur	6 (captées)
r ₃ : Grès feldspathiques du permien, formations du Nideck	1 (captée)
pr _{2-3b} : Ignimbrites rhyolitiques du Nideck : « coulée supérieure » (Thuringien inf. probable)	1 (captée)
r _{2a} : Tufs et ignimbrites, brèches pyroclastiques (couches de Meisenbuckel ; Saxonien inf.)	1 (captée)

Illustration 2 : Récapitulatif des aquifères drainés par les sources répertoriées en BSS sur la commune d'Oberhaslach.

Identification des zones soumises à l'aléa effondrements et affaissements karstiques sur la commune d'Oberhaslach

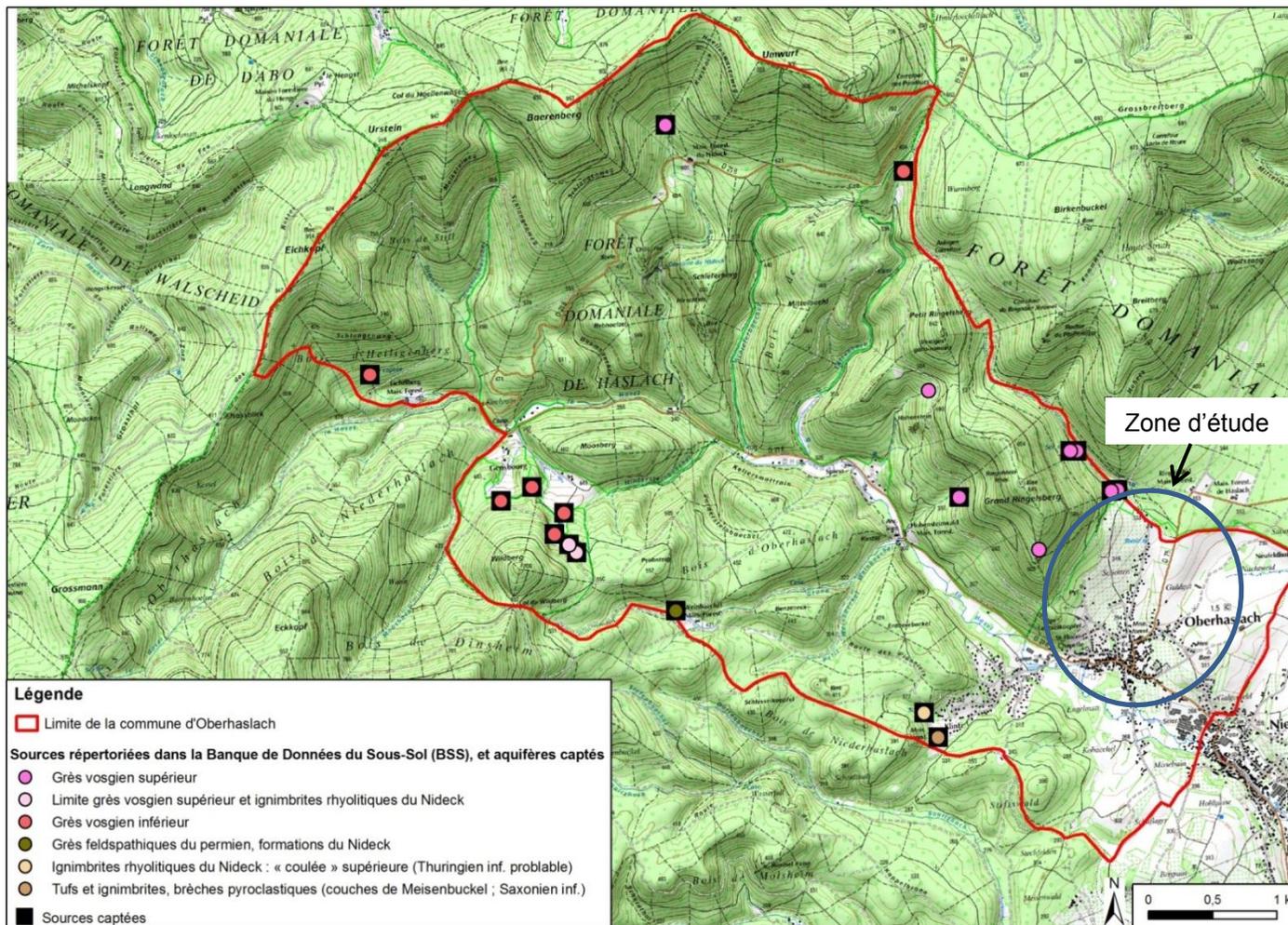


Illustration 3 : Carte de localisation des sources répertoriées en BSS sur la commune d'Oberhaslach.

3. Définition des phénomènes étudiés

Les phénomènes étudiés sont les phénomènes d'effondrements de type fontis, ainsi que les phénomènes d'affaissements. A Oberhaslach, ils sont d'origine naturelle et sont liés à la présence de cavités souterraines karstiques.

3.1. DESCRIPTION ET ORIGINE D'UN KARST

La karstification se fait par dissolution des roches carbonatées ou sulfatées au contact de l'eau chargée en acide carbonique (H_2CO_3). Cette eau dissout ainsi le carbonate de calcium de la roche pour former un sel dissous, le bicarbonate de calcium, qu'elle transporte et évacue vers les cours d'eau. Elle élargit progressivement les vides initiaux dans lesquels elle circule, en façonne les parois et les agrandit jusqu'à créer de véritables chenaux qui facilitent l'infiltration et accentuent le processus amorcé.

Il en résulte généralement des morphologies de surface caractéristiques (lapiaz, dolines, etc.), associées à un paysage souterrain constitué par les grottes et les gouffres. Les dimensions de ces vides présentent une très grande variabilité, depuis les fissures micrométriques à millimétriques jusqu'à des conduits de quelques dizaines de mètres de section et longs de plusieurs kilomètres. L'illustration 4 résume les caractéristiques d'un système karstique :

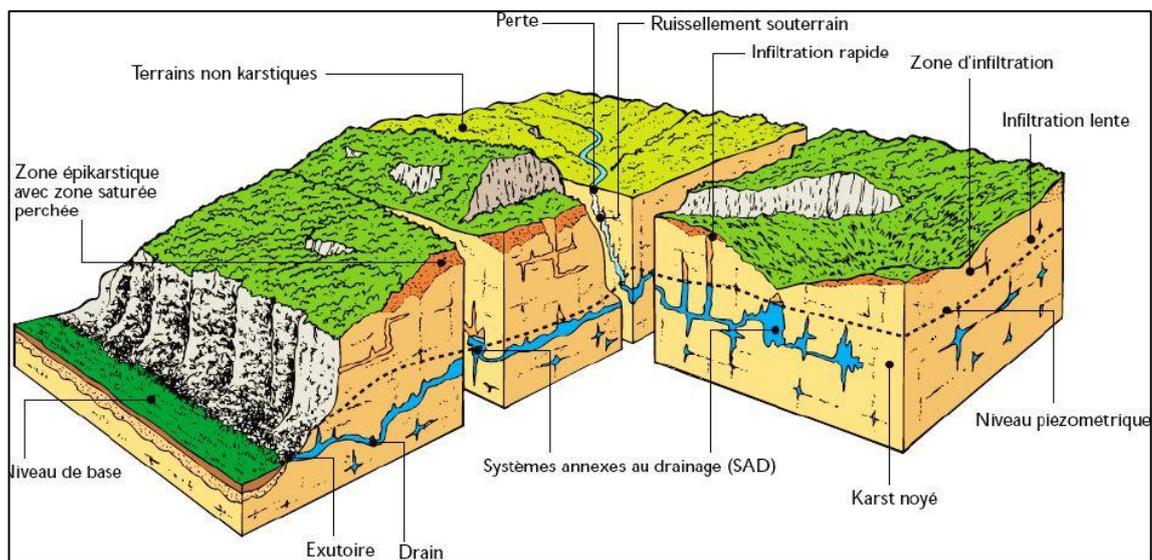


Illustration 4 : Modèle typique d'un système karstique (source : Agence de l'eau RMC, d'après Mangin 1975)

À Oberhaslach, le phénomène de karstification est plus local et bien moins évolué que dans les régions à dominante karstique (Jura, Vercors...).

3.2. LA KARSTIFICATION A OBERHASLACH ET FORMATIONS POTENTIELLEMENT CONCERNEES

3.2.1. Formations potentiellement karstifiables

La nappe des grès est drainée par un système de vallons entaillés dans le massif gréseux. A l'Ouest et au Nord d'Oberhaslach, les calcaires du Muschelkalk présentent un contact faillé avec les grès vosgiens. Le ruisseau du Ringelsbaechel, aux eaux agressives car très acides (cf. paragraphe 2.2.3), se perd ainsi en arrivant sur les calcaires fissurés et perméables, ou l'eau circule le long des fractures et joints de stratification déterminant un système karstique. Les déséquilibres induits par l'évolution des vides qui composent ce système peuvent amener à des tassements progressifs du sol ou à des effondrements brutaux (fontis). Le processus de karstification se développe théoriquement préférentiellement selon les directions des accidents tectoniques affectant la région. D'après le rapport ANTEA A 05797 (1996), les effondrements karstiques relevés en surface se répartissent le long de deux alignements parallèles :

- dans l'alignement de la perte du Ringelsbaechel, l'école maternelle et la galerie de captage à l'aval ;
- le long de la D 75 (anomalies relevées d'après photo-interprétation et remises en cause dans la présente étude).

Les circulations le long de la faille d'Haslach ne seraient pas permanentes.

Les ruisseaux drainent les eaux issues du massif des grès vosgiens. La Hasel circule dans les terrains plus anciens, constitués en grande partie de grès et de rhyolites (roche volcanique siliceuse). Il en résulte une agressivité de ces eaux favorisant l'érosion, par dissolution, des formations calcaires.

On note une grande disparité hydrographique entre la zone à substratum gréseux et la zone à substratum calcaire : nombreux ruisseaux présents sur le grès contre une absence de ruisseaux sur les calcaires. Ceci confirme l'infiltration des eaux à leur arrivée sur les terrains du Muschelkalk, comme au niveau de la perte du Ringelsbaechel.

D'après Ricour (1978), au niveau du village d'Oberhaslach, la série concernée par les effondrements s'étend du Muschelkalk moyen à la Lettenkohle (dolomie inférieure).

- Couches constituant le Muschelkalk moyen et supérieur, détaillées de bas en haut : les marnes bariolées (t4) ou « couches rouges » et « couches grises ». La partie inférieure correspond au groupe de l'anhydrite, épaisse de 19 à 20 m. Développement par endroits de bancs de gypse (Muschelkalk moyen) ;
- la Dolomie à Lingules (« couches blanches ») (t4b), dolomie en plaquettes, épaisse de 20 m, formée de marnes avec dolomie et nodules calcédonieux et quartz. (Muschelkalk moyen) ;
- les calcaires à entroques (t5a), épais de 10 à 15 m, se présentent en gros bancs compacts pouvant atteindre 2 m d'épaisseur (Muschelkalk supérieur) ;

- les couches à cératites (t5b) calco-marneuses : cet ensemble épais de 35 à 40 m se distingue du précédent par une stratification en bancs minces, alternant avec des lits marneux réguliers (Muschelkalk supérieur) ;
- la dolomie inférieure de la Lettenkohle.

D'après Ricour, seuls les calcaires à Entroques et les couches à Cératites conservent une épaisseur relativement constante dans l'espace. Les couches à Cératites constituent un niveau perméable, localement karstifié en affleurement, mais considéré comme imperméable à semi-perméable sous-couverture (Ricour 1978).

Ces couches constituent un aquifère multicouche, dont le toit est représenté par le toit de la dolomie inférieure de la Lettenkohle et le mur par le niveau de marnes bariolées de la base du Muschelkalk moyen (Ricour 1978).

Par ailleurs, les niveaux gypseux et de sel des « couches grises » situés sous les calcaires, sont susceptibles d'être soumis à des phénomènes de dissolution, ce qui pourrait induire des déformations significatives de la surface du sol.

3.2.2. Désordres de surface potentiels

- Effondrement (fontis)

Le fontis correspond à un effondrement brutal mais localisé se manifestant sous la forme d'un entonnoir ou d'un cratère. Il est le plus souvent provoqué par la rupture progressive du toit d'une cavité prenant la forme d'une cloche remontant plus ou moins lentement vers la surface jusqu'au développement brutal d'un cratère. Les fontis présentent souvent une géométrie pseudo-circulaire (cf. Illustration 5) dont le diamètre et la profondeur du cône peuvent atteindre jusqu'à plusieurs mètres.

Ce type de phénomène peut être dommageable pour les personnes et pour les biens en raison des dimensions et de la rapidité du phénomène. Il est bien connu dans la commune d'Oberhaslach.



Illustration 5 : Fontis sur un plateau agricole en Picardie (source : BRGM)

- Affaissement

Il s'agit d'une déformation souple (sans rupture) et progressive de la surface du sol, se traduisant par une dépression topographique en forme de cuvette, allongée ou circulaire, généralement à fond plat. Les dolines sont des dépressions circulaires formées par le soutirage de matériaux meubles dans le karst.

Les affaissements peuvent générer des désordres sur les constructions mais provoquent peu de victimes en raison de la progressivité du phénomène (phénomène "lent"). En revanche, ils peuvent être précurseurs d'un effondrement : ces phénomènes ne doivent donc pas être négligés.

À Oberhaslach, le phénomène d'affaissement n'est pas connu mais considéré comme possible.

3.2.3. Travaux préventifs réalisés

Le ruisseau du Ringelsbaechel présentait en avril 1987 un débit de 28 à 37 l/s au niveau de la perte, avant dérivation (source : ANTEA). Son débit décennal a été évalué à 220 l/s, le débit centennal à 2800 l/s. En 1997, un projet de dérivation du ruisseau a été mis en place, depuis sa perte jusqu'à la Hasel. Sa longueur totale est de 1600 m, pour un diamètre de 600 mm. Des mesures ont été prises afin de résister à des pH acides (traitement interne à l'oxydocalcime). Seules les eaux de trop plein peuvent s'écouler dans la perte, pour un débit de crue supérieur à 825 l/s (pluies hivernales). Des mesures de l'acidité de l'eau par temps de pluie ont été réalisées en 1990 par l'Université Louis Pasteur de Strasbourg. Le pH est compris entre 7,27 lors d'une pluie faible, et 5,90 (eau acide) lors des pluies très fortes.

L'illustration 6 en page suivante présente le secteur de la commune où des phénomènes de karstification sont possibles en raison de son contexte géologique (« secteur potentiellement karstifiable »). La « zone sensible » délimite le secteur où des phénomènes de karstification ont été observés et qui a fait l'objet d'investigations détaillées.

4. Méthodologie

4.1. DONNEES UTILISEES

4.1.1. Bases de données

La base de données nationale sur les mouvements de terrain gérée par le BRGM (BDMVT) a été exploitée. Elle n'a pas la prétention d'être exhaustive mais les événements qui y sont répertoriés constituent un fonds documentaire exploitable, et elle permet notamment d'identifier les types de phénomènes avérés concernant la commune.

La BSS (ouvrages de la Banque du Sous-Sol) a également été exploitée pour affiner les connaissances géologiques de la zone.

4.1.2. Rapports et cartes

Les rapports à disposition proviennent essentiellement d'études anciennes, réalisées par le BRGM, ainsi que par les bureaux d'études ANTEA et FONDASOL (rapports d'intervention, forages, reconnaissance de cavités). Ces rapports sont cités dans le chapitre « Bibliographie ». Ils traitent exclusivement de l'aléa « effondrement ».

Les fonds de cartes utilisés sont les suivants :

Propriété de l'IGN :

- Carte topographique au 1/25 000^{ème} (Scan25) de 2008
- BD Ortho de 2011 (précision de 50cm)
- BD Topo de 2008 (précision métrique), principalement pour afficher les routes, le réseau hydrographique et le bâti en format vecteur

Propriété du BRGM :

- Carte géologique au 1/50 000^{ème}, en format vecteur et raster

4.1.3. Données d'archives et enquête de terrain

Archives communales

La plupart des informations récoltées sur les événements proviennent de la mairie :

- courrier du 19.07.12 et plusieurs entretiens courant mars 2013, pendant la phase de terrain ;
- visite de terrain avec un agent communal le 08.03.2013.

Riverains

Des riverains ont été rencontrés (sur conseil de la mairie) afin d'obtenir plus de précisions sur les effondrements anciens, notamment en ce qui concerne leur localisation. Sur les 3 personnes rencontrées, un seul a pu situer plus précisément l'effondrement de 1953 (visite sur site le 21.03.13).

Archives départementales

Les recherches menées aux archives du Bas-Rhin ont été infructueuses (délibérations du conseil municipal d'Oberhaslach, archives de la Préfecture et de la Sous-Préfecture, fonds Jean Vogt).

4.1.4. Photos aériennes

Une étude stéréoscopique a été réalisée sur plusieurs séries de photos aériennes (1963, 1977, 1986) lors d'une étude précédente (Lebon et Talbot, 1987). Celle-ci a révélé des anomalies (taches claires ou sombres), mais aucun lien n'a pu être confirmé avec des effondrements ayant effectivement eu lieu.

Les photos aériennes disponibles ont une résolution variable mais rarement suffisante pour distinguer les éléments morphologiques recherchés dans cette étude. Compte tenu de la couverture LiDAR (cf. § 4.1.5.) acquise pour ce projet, des analyses stéréoscopiques complémentaires ne sont plus nécessaires.

4.1.5. Données LiDAR

Le LiDAR permet d'obtenir des données topographiques - numériques - très précises sur de grandes surfaces. Ces données ont constitué le principal support de travail dans cette étude : leur précision et leur possibilité de géoréférencement les rendent plus pertinentes pour certaines applications que le seul examen des couples stéréographiques.

Le LiDAR consiste à acquérir des données topographiques à l'aide d'un faisceau laser, avec une grande précision et une densité de points très élevée. Leur traitement permet de générer un Modèle Numérique de Terrain (MNT), révélant des micro-variations de relief pouvant indiquer la présence d'anciens effondrements, affaissements et glissements de terrain.

Dans la présente étude, les données LiDAR ont été acquises par avion (vol effectué le 14.03.12 par la société GUELLE ET FUCHS) et sont d'une précision verticale de 5 à 30 cm (selon la densité du couvert végétal), pour une densité moyenne de points de l'ordre de 5 points/m². La couverture du LiDAR est donnée par l'illustration 7.

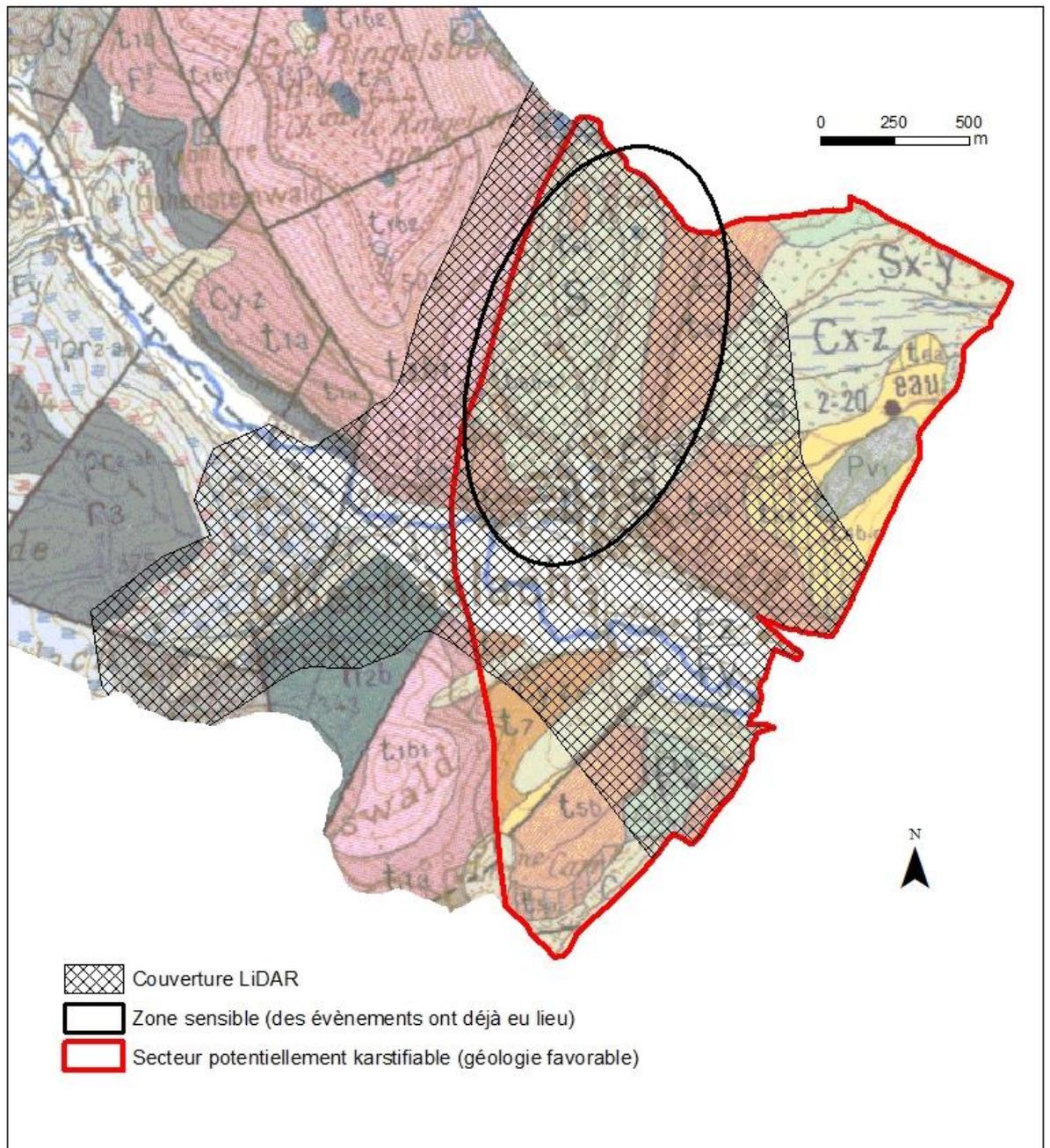


Illustration 7 : Couverture du nuage de points LiDAR

4.1.6. Sondages à la tarière

La carte géologique disponible (1/50 000^{ème}) n'est pas assez détaillée concernant les formations superficielles. Ainsi, une campagne d'une vingtaine de sondages à la tarière à main a été réalisée.

4.2. ANALYSE MORPHOLOGIQUE DU MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN

4.2.1. Traitement des données

Les données LiDAR ont permis de détecter méthodiquement toutes les anomalies suspectes présentes sur la zone d'étude, ceci grâce à différents traitements :

- carte d'ombrage
- carte des pentes
- calcul d'un MNT résiduel à différents rayons de lissage ; il s'agit ici de soustraire un MNT moyen (lissé) au MNT d'origine : le MNT résiduel obtenu met en valeur les anomalies topographiques locales (détails en Erreur ! Source du renvoi introuvable.)
- calcul du réseau de drainage théorique pour localiser les thalwegs (détails en **Annexe 2**) et ne pas les confondre avec des zones affaissées.

4.2.2. Elaboration d'une méthode de détection des phénomènes par ordinateur

a) Détection semi-automatique

Deux méthodes semi-automatiques de détection ont été testées sur l'ensemble de la zone :

- Une méthode basée sur le calcul d'un MNT résiduel suivi d'une sélection par critères de forme et de dimensions. Un total d'environ 5000 candidats a été obtenu.
- Une méthode plus perfectionnée appelée « classification orientée-objet », qui consiste à classer les objets en fonction de l'organisation et de la valeur des pixels d'une image. Les détails de cette méthode sont amplement décrits au sein d'un mémoire de stage consacré à ce sujet (Pierrevelcin, 2013). Au final, 187 candidats ont été obtenus.

Bien que la détection « orientée-objet » ait donné de meilleurs résultats, ceux-ci comportent des erreurs et le nombre d'objets détectés réellement existants (« vrais positifs ») est inférieur au nombre de candidats. Par conséquent, cette méthode ne permet pas d'étudier très objectivement les phénomènes passés dans la zone concernée.

b) Détection visuelle

Une démarche d'expertise visuelle s'est donc superposée à la démarche « semi-automatique ».

Les cartes d'ombrage et de pente ont été systématiquement analysées par la création d'un maillage de 100x100m, pour pouvoir effectuer un contrôle exhaustif de la zone. L'outil de traçage de profils de Spatial Analyst a été utilisé en complément, ainsi que la carte du MNT résiduel.

L'étude de différentes données sous SIG (orthophoto, couches bâti/réseau hydrographique/routes de la BD Topo, réseau de drainage théorique) a permis d'écarter une partie des anomalies. Les critères de sélection des objets ont été les suivants :

- Pour les anomalies à grande longueur d'onde (affaissements allongés) :
 - dimensions couramment observées pour des affaissements : ils se caractérisent par de vastes dépressions topographiques de faible profondeur ;
 - influence des aménagements humains (routes, chemins, habitations) qui génèrent du bruit : remblais/déblais ;
 - influence des anomalies « naturelles » du relief : concavité liée aux pieds de talus, aux talwegs.

- Pour les anomalies à courte longueur d'onde (fontis/ petites dolines) :
 - dimensions des évènements avérés : la dimension moyenne des formes observées (1 à 2m de diamètre, quelques dizaines de centimètres de profondeur) est en général moindre que les effondrements connus (2 à 5m de diamètre, 3 à 5m de profondeur)
 - possibilités d'origines diverses de telles formes : arbres dessouchés (vergers nombreux dans cette zone), zones de piétinement par les animaux (bétail ou gibier), excavations, étangs ... ;
 - biais généré par l'occupation du sol : artéfacts liés à la densité du couvert végétal (dans ce cas de figure, les formes n'ont pas été digitalisées).

Cette méthode a permis de retenir une centaine de candidats potentiels. Les formes retenues ont fait l'objet d'un examen *in situ*.

4.3. DEFINITION ET ZONAGE DE L'ALEA

4.3.1. Définitions

- ***Aléa***

L'aléa procède du croisement entre l'intensité et la probabilité d'occurrence d'un phénomène donné.

La notion d' « aléa » n'est pas à confondre avec celle de « risque ». Le risque est le produit de l'aléa et de la vulnérabilité de l'enjeu considéré, cette dernière traduisant la réponse de l'enjeu en question à la sollicitation du phénomène auquel il peut être soumis, c'est-à-dire que le risque pour un niveau d'aléa donné sera d'autant plus faible que la vulnérabilité de l'enjeu sera faible (ex : chute de pierres sur un blockhaus = risque nul).

- Intensité des phénomènes

Il est possible d'évaluer l'intensité d'un phénomène en fonction de sa dangerosité vis à vis des enjeux que sont les biens et les personnes. Concernant les fontis, c'est leur **diamètre** et leur **profondeur** qui caractérisent leur intensité.

Classe d'intensité	Diamètre du fontis
Très limitée	➤ fontis auto-remblayé à proximité immédiate de la surface
Limitée	➤ diamètre < 3 m
Modérée	➤ 3 m < diamètre < 10 m (si profondeur < 2 m)
Elevée	➤ diamètre > 10 m ➤ 3 m < diamètre < 10 m (si profondeur > 2 m)

Illustration 8 : Hiérarchisation des classes d'intensité pour un fontis (d'après le Guide Méthodologique des PPRM)

- Probabilité d'occurrence

Elle est très difficile à quantifier dans la mesure où l'on maîtrise mal les facteurs qui conditionnent l'apparition des événements (facteurs permanents et déclencheurs). Il est toutefois possible de sursoir à l'occurrence temporelle en recourant au concept de prédisposition du site vis-à-vis d'un type donné de phénomène. Ces facteurs de prédisposition sont : les caractéristiques structurales et/ou géomécaniques du sous-sol, ainsi que des critères d'activité qui favorisent le processus de dégradation (écoulements souterrains agressifs).

Dans le cas d'Oberhaslach, l'aléa effondrement est conditionné par la présence du réseau karstique qu'il soit à présent actif ou non. Toutefois, en considérant cet aspect d'activité de la dissolution lié au transit d'eaux acides, on note que le réseau est aujourd'hui moins actif puisque le ruisseau qui était auparavant souterrain (perte totale), a été canalisé en 1997. Néanmoins, lors de fortes précipitations, et pour un débit supérieur à 825 l/s, le trop-plein s'écoule encore vers la perte du ruisseau : les phénomènes de karstification sont donc toujours possibles (débit de trop plein centennal proche de 1 500 l/s).

Nous qualifierons cette prédisposition de **moyenne au voisinage du conduit karstique théorique**.

4.3.2. Détermination des classes d'aléa

L'aléa est le résultat du croisement entre l'intensité et la probabilité d'occurrence. Il est hiérarchisé dans la matrice ci-dessous :

Probabilité \ Intensité	faible	moyenne	forte
Très limitée	faible	faible	moyen
Limitée	faible	moyen	moyen
Modérée	moyen	moyen	fort
Elevée	moyen	fort	très fort

Illustration 9 : Grille de hiérarchisation des classes d'aléa pour l'aléa « fontis » selon le guide méthodologique cavités souterraines abandonnées 2012

4.3.3. Délimitation des zones d'aléa et limites de l'exercice

La délimitation des zones d'aléa a été effectuée en tenant compte des éléments suivants :

- La présence d'effondrements connus.
- La présence avérée ou suspectée de failles.
- La présence de terrains calcaires directement sous les terrains de recouvrement (information issue de la BSS et des sondages à la tarière).
- L'épaisseur des terrains de recouvrement sensibles au soutirage.

Les effondrements et affaissements dits « probables » identifiés à partir du LIDAR ont servi à l'analyse de l'aléa mais les indices qui n'ont pas été validés sur le terrain ou par les témoignages n'ont pas été retenus.

5. Résultats

5.1. PHENOMENES AVERES SUR LA COMMUNE

Les phénomènes de référence résultent du dépouillement des archives et de rapports disponibles, complétés par nos reconnaissances de terrain, ainsi que du traitement des données LiDAR.

La cartographie des phénomènes avérés et connus est nécessaire à l'élaboration de la carte d'aléa. Dans notre cas, le nombre de phénomènes connus étant très faible, nous intégrerons les phénomènes probables (supposés) pour aider à la compréhension des processus géologiques.

5.1.1. Effondrements localisés (fontis)

En tout, 6 effondrements avérés ont été recensés (voir localisation en Illustration 13), la plupart ayant eu lieu avant 1997, année où le ruisseau a été canalisé :

- Au niveau de la perte du ruisseau : cratère de 50 m de diamètre pour 15 m de profondeur (cf. Illustration 10). L'étude des cartes anciennes (voir Illustration 11) laisse penser que cet effondrement aurait eu lieu vers la fin du 17^{ème} siècle/début 18^{ème}. En effet, le ruisseau est bien présent à l'aval de la perte sur la carte de Cassini (levés entre 1756 et 1789), alors qu'il disparaît sur la carte d'état-major (1820-1866).



Illustration 10 : Vue de la perte du Ringelsbaechel

Selon les riverains, le fond de la dépression a été comblé, la profondeur initiale était donc plus importante.

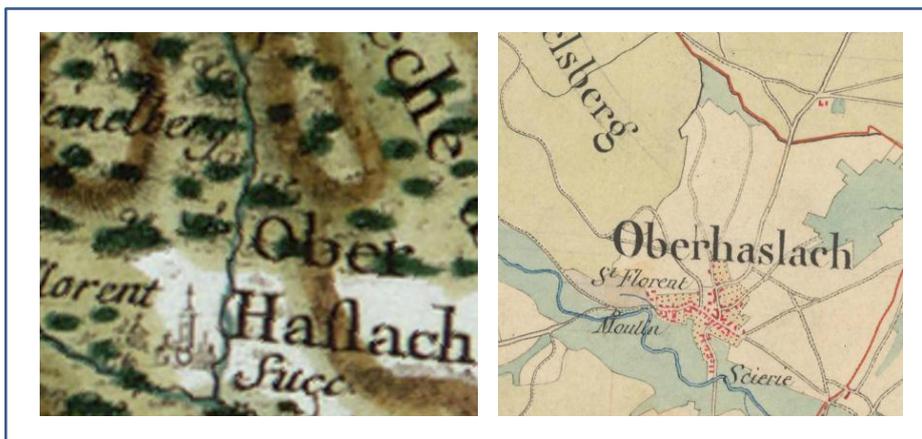


Illustration 11 : Datation estimée de la perte du Ringelsbaechel

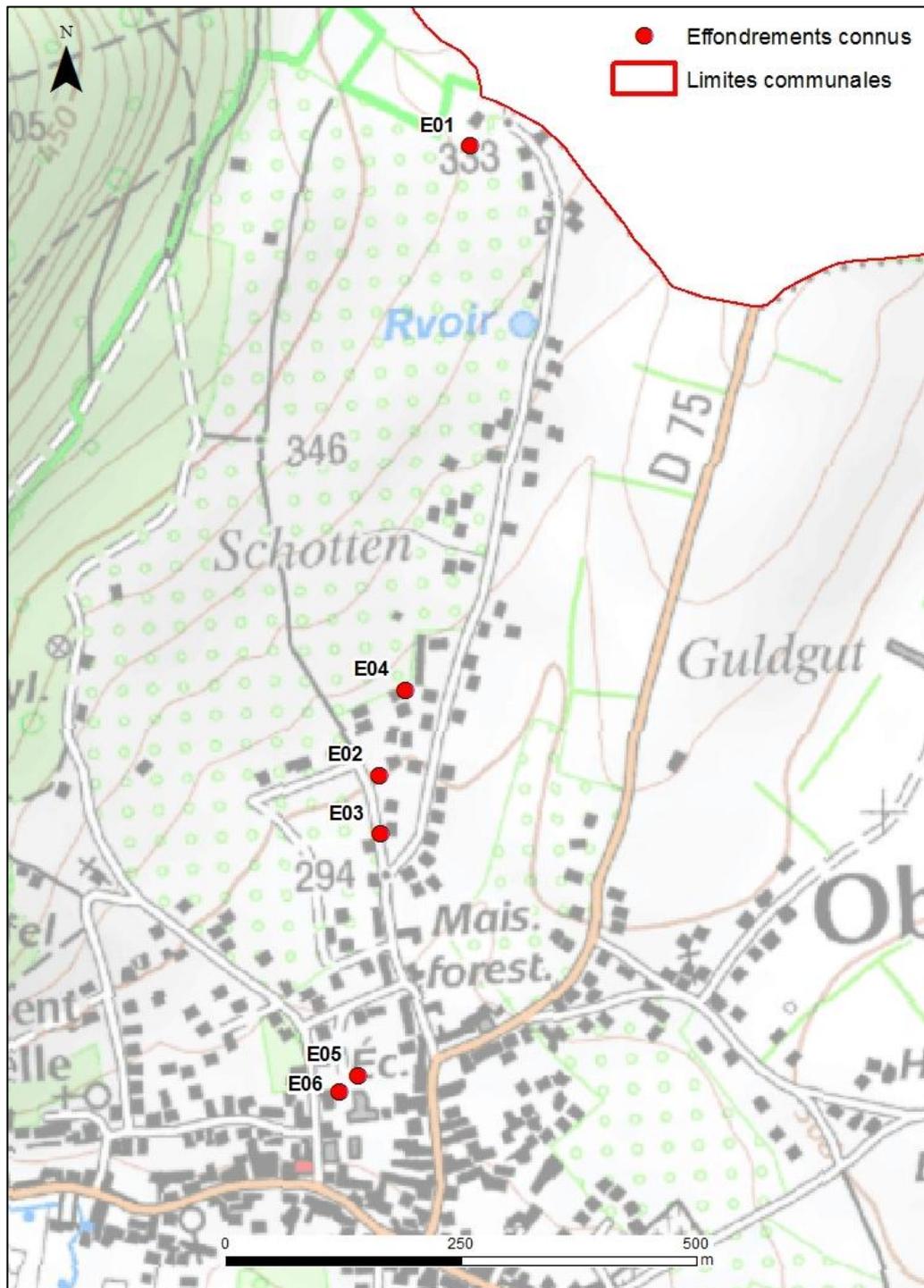
A gauche, la carte de Cassini (1756-1789). A droite, la carte d'état-major (1820-1866) : au centre, le ruisseau qui rejoint la Hasel a disparu.

- 4 effondrements (1930, 1953, 1970, 1980) de 4 à 5 m de diamètre pour 3 à 5 m de profondeur (école maternelle, rue des Pèlerins, rue de la Source). En 1953, « le sol s'est déroché sous les pieds d'un homme, qui a failli perdre la vie ». Cet événement est encore très présent dans la mémoire des habitants d'Oberhaslach. On raconte également « qu'un arbre aurait totalement disparu dans un de ces effondrements ».
- En 1998, près de l'école maternelle (cf. Illustration 12) : diamètre de 60 cm en surface et 2/3m en profondeur, 5 m de profondeur, pour un volume de 20 m³. C'est le dernier événement majeur répertorié.



Illustration 12 : Fontis de l'école (1998)

Tous ces événements ont marqué la mémoire collective des habitants du village, par leur ampleur et leur soudaineté.



*Illustration 13 : Carte des effondrements connus (fontis).
On observe un alignement des phénomènes selon une direction quasi Nord/Sud.*

Le tableau ci-après récapitule les informations décrivant chaque effondrement :

Identification des zones soumises à l'aléa effondrements et affaissements karstiques sur la commune d'Oberhaslach

IDENTIFIANT DE L'EFFONDREMENT	E01	E02	E03	E04	E05	E06
DATE	Fin 17 ^{ème} / début 18 ^{ème} siècle ?	1930	1953	1970	1980	24/01/1998
LOCALISATION	Perte du Ringelsbaechel	A proximité de la rue des Pèlerins	Rue des Pèlerins, sur le chemin	Au-dessus de la rue de la Source	Pré au-dessus de l'école maternelle	Cour de l'école maternelle
DIAMETRE (* = estimé)	50 m	4 à 5 m *	4 à 5 m *	4 à 5 m *	4 à 5 m *	0.60m en surface, 2-3m en profondeur
PROFONDEUR (* = estimée)	15 m	3 à 5 m *	3 à 5 m *	3 à 5 m *	3 à 5 m *	2.7 m
VOLUME	?	?	?	?	?	20 m ³
ENJEUX	vies humaines	vies humaines, résidences	vies humaines, route, voitures	vies humaines, résidences	vies humaines, école	vies humaines, école
PRECISION DE LA LOCALISATION	exacte	parcelle	parcelle	parcelle	parcelle	5m
CONFIRMÉ SUR LE TERRAIN	oui	non	oui	non	non	oui
DATE DE CONFIRMATION	07.03.13	-	21.03.13	-	-	08.03.2013
REFERENCE	Rapport BRGM87 SGN753 ALS	mairie d'Oberhaslach, courrier 19/07/2012	compte rendu BRGM du 26/01/98 - Antéa AR/LOR 123/98-JCC			
MOYEN D'ACQUISITION DE L'INFORMATION	terrain	témoignage	témoignage	témoignage	témoignage	terrain
GEOLOGIE	grès vosgien et couches à cératites	dépôts soliflués de versant	dépôts soliflués de versant	dépôts soliflués de versant	cailloutis des cônes de déjection	0-2m : limons; > 2m : calcaires

Illustration 14 : Tableau récapitulatif des effondrements recensés sur la commune d'Oberhaslach

On remarquera que les effondrements observés ont un diamètre compris entre 2 et 5 m et une profondeur de 3 à 5 m, hormis la perte du Ringelsbaechel dont l'ampleur reste exceptionnelle. Ces dimensions sont suffisantes pour mettre en danger vies humaines, habitations et infrastructures. On remarquera également l'alignement manifeste de tous ces désordres.

5.1.2. Affaissements

Le phénomène d'affaissement n'est pas connu sur la zone mais le contexte géologique et des indices révélés par le MNT nous laissent penser qu'il est potentiel (cf. 5.2), sachant que par ailleurs un affaissement peut précéder l'apparition d'un effondrement (fontis).

5.1.3. Autres désordres souterrains

D'autres désordres d'origine souterraine ont été recensés :

- Caves systématiquement inondées lors de crues, avant la canalisation du ruisseau (quartier de la mairie). Ceci est probablement lié à la présence d'un réseau karstique mais ne peut pas être considéré comme un aléa « cavité ».
- En 1994, des remontées d'eau à forte pression ont soulevé la route devant la mairie et ont créé des geysers de 3 à 4 m de hauteur. Lors des travaux de réfection, un canal en pierres taillées a été mis au jour, ce qui éloigne l'hypothèse d'un phénomène naturel.
- Plusieurs petits effondrements (moins d'un mètre de diamètre) ont été observés au centre du village (sur les routes et les trottoirs), ainsi qu'à proximité du réservoir rue de la Source. L'origine artificielle est à privilégier.

Ces désordres ne sont donc pas à prendre en compte en tant que tels dans l'étude de l'aléa effondrement/affaissement karstique.

5.1.4. Détermination des classes d'aléas

La probabilité d'occurrence étant définie comme moyenne au niveau du réseau karstique théorique, il est par conséquent possible, à partir des intensités définies et de la matrice proposée au paragraphe 4.3.2 (Illustration 9) et rappelée ci-après, de déterminer un niveau d'aléa pour chaque effondrement avéré. Ainsi, dans le cas d'Oberhaslach, le tableau de l'illustration 15 indique que 5 événements sont associables à une classe d'intensité « élevée » et donc à un niveau d'aléa « fort » et 1 événement présente un niveau d'aléa « faible » (classe d'intensité « limitée »). Il est convenu de retenir le niveau d'aléa le plus fort dans un secteur homogène : ainsi, toute la zone concernée par les effondrements avérés d'Oberhaslach relevé d'un niveau d'aléa « **fort** ».

Identification des zones soumises à l'aléa effondrements et affaissements karstiques sur la commune d'Oberhaslach

Evènement	E01	E02	E03	E04	E05	E06
Diamètre (* = estimé)	50 m	4 à 5 m *	4 à 5 m *	4 à 5 m *	4 à 5 m *	0.6 m
Profondeur (* = estimée)	15 m	3 à 5 m *	3 à 5 m *	3 à 5 m *	3 à 5 m *	2.7 m
CLASSE D'INTENSITE	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée	Limitée

Illustration 15 : Classes d'intensités des « fontis » connus de la commune d'Oberhaslach

Probabilité Intensité	faible	moyenne	forte
Très limitée	faible	faible	moyen
Limitée	faible	moyen	moyen
Modérée	moyen	moyen	fort
Elevée	moyen	fort	très fort

Matrice d'aléa (rappel de l'illustration 9)

5.2. PHENOMENES PROBABLES

5.2.1. Observations de terrain et du LiDAR

L'étude des données LiDAR et les investigations de terrain ont permis de détecter des anomalies topographiques (dépressions circulaires ou allongées) pouvant potentiellement correspondre à des effondrements (fontis) ou des affaissements. Ce sont les cartes de pente et d'ombrage qui ont le mieux révélé les candidats de type « dolines » ou « fontis ».

En très grande majorité, les dépressions circulaires observées sur le terrain ont un diamètre de l'ordre de 2 à 3 m, et une profondeur de 10 à 20 cm, ce qui les rend difficilement visibles par l'observateur. En revanche, les cartes de pente et d'ombrage permettent une meilleure perception de ces objets. Ces formes pourraient correspondre à des fontis comblés ou des petites dolines.



Illustration 16 : Formes typiquement retrouvées sur le terrain

Celles-ci sont difficilement visibles en raison de leurs faibles dimensions.

L'illustration 17 suivante montre une représentation de la perte du Ringelsbaechel par effet d'ombrage :

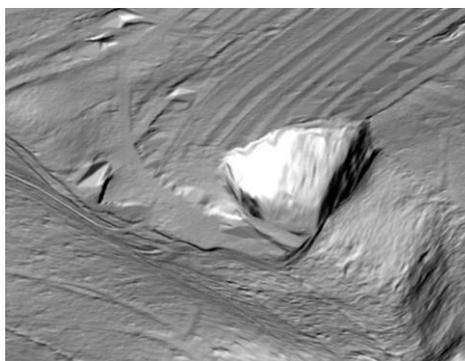


Illustration 17 : Vue de la perte du Ringelbaechel par effet d'ombrage du MNT

Les données LiDAR permettent également de détecter des anomalies difficilement perceptibles sur le terrain en raison de leur étendue (plusieurs dizaines ou centaines de mètres) ou de la présence de végétation : on observe en effet des anomalies de grande ampleur, principalement au lieu-dit Schotten (cf *Illustration 18*). Ces anomalies à grande longueur d'onde pourraient correspondre à des affaissements.

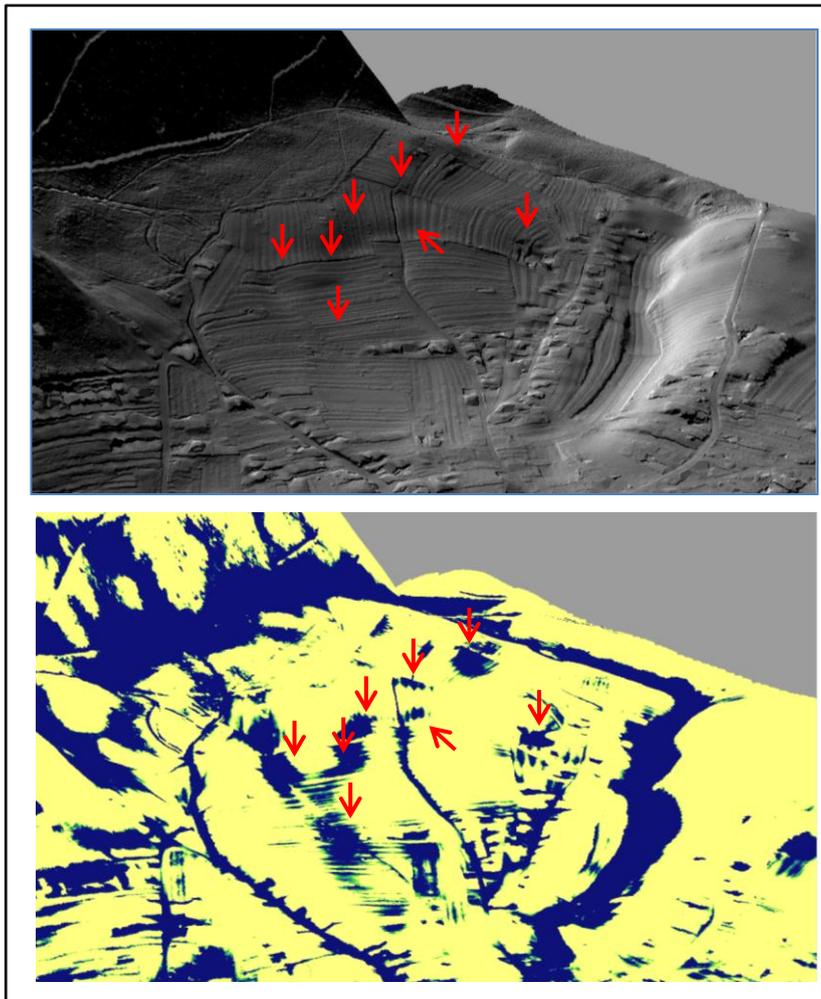


Illustration 18 : Anomalies dépressionnaires au lieu-dit Schotten, vues sur le MNT ombré (en haut) et par la méthode du MNT résiduel (en bas).

Les anomalies suspectes sont indiquées par une flèche rouge. Pour le MNT résiduel, un rayon de lissage de 50 m a été utilisé ici : sur l'image sont également révélés les thalwegs, pieds de talus et les zones de remblais/déblais.

5.2.2. Interprétation des indices

➤ Effondrements (fontis)

Aucun indice caractéristique d'un effondrement n'a été relevé sur le terrain, ni à l'aide du LiDAR. Néanmoins, des dépressions circulaires de faibles profondeurs ont été observées et pourraient correspondre à d'éventuels fontis comblés (cf. paragraphe suivant).

➤ Affaissements

- *Indices ponctuels* :

Les indices pouvant potentiellement correspondre à des affaissements (petites dépressions circulaires de type « doline ») sont différenciés selon deux niveaux de probabilité (voir carte en Annexe 3) :

- Probabilité « moyenne » : il n'existe aucun indice permettant de confirmer ou d'infirmer un lien avec un affaissement (61 indices)
- Probabilité « faible » : il existe des indices créant de sérieux doutes sur l'origine des formes : alignement sur une rangée d'arbres, ancienne carrière... (25 indices).

- *Indices étendus* :

La carte en Annexe 3 montre les dépressions à grande longueur d'onde. Elle ne présente que les indices dont la probabilité de correspondre à un affaissement est « moyenne ». Leur origine peut être un effondrement souterrain, un « effet » structural ou encore un paléo-vallon. Les formes suspectes observées sont situées essentiellement au lieu-dit Schotten.

5.2.3. Conclusion

Malgré des investigations de terrain détaillées, aucun des indices résultant de l'analyse du MNT LiDAR (hormis la perte du ruisseau) ne correspond avec certitude à la présence de phénomènes type effondrement ou affaissement.

5.4. INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

5.4.1. Nature et épaisseur du recouvrement

Il existe 56 points renseignés dans la BSS sur la commune d'Oberhaslach. Certains sont situés sur la zone d'étude et principalement le long du secteur sensible (alignement des fontis historiques). Des forages de contrôle ont en effet été effectués préalablement à la construction de maisons : ceux-ci n'ont jamais révélé la présence de vide, dans la limite des profondeurs atteintes. Cette donnée ne doit pas être de nature à sous-estimer la probabilité de présence de cavités : en effet ; dans ce contexte (petites cavités isolées), seuls des sondages nombreux et très rapprochés permettent de lever le doute.

Les points BSS ont confirmé l'hypothèse de la présence d'une, voire de plusieurs failles dans le « couloir » des fontis historiques : en effet, la profondeur du calcaire varie sensiblement dans un secteur très restreint (voir Illustration 20).

La couverture des points BSS étant insuffisante pour qualifier l'épaisseur des terrains meubles de couverture et donc l'aléa associé aux fontis susceptibles de se produire par soutirage, une campagne de sondages à la tarière à main a été effectuée (21 sondages au total). Malheureusement, en raison de la difficulté à effectuer de tels sondages (présence de terrains argileux extrêmement difficiles à pénétrer, cf. Illustration 19), le calcaire n'a jamais été atteint sous les colluvions et les dépôts de solifluxion. La profondeur maximale atteinte a été de 1,5 m, or les forages BSS indiquent généralement une profondeur supérieure. **Cette campagne de sondages n'a donc pas permis d'améliorer la connaissance de cette épaisseur.**



Illustration 19 : Exemple d'un profil de sol argileux extrait à la tarière à main

La carte des points exploités (BSS et sondages à la tarière) est reportée en annexe 4. L'annexe 5 décrit les coupes des sondages à la tarière à main.

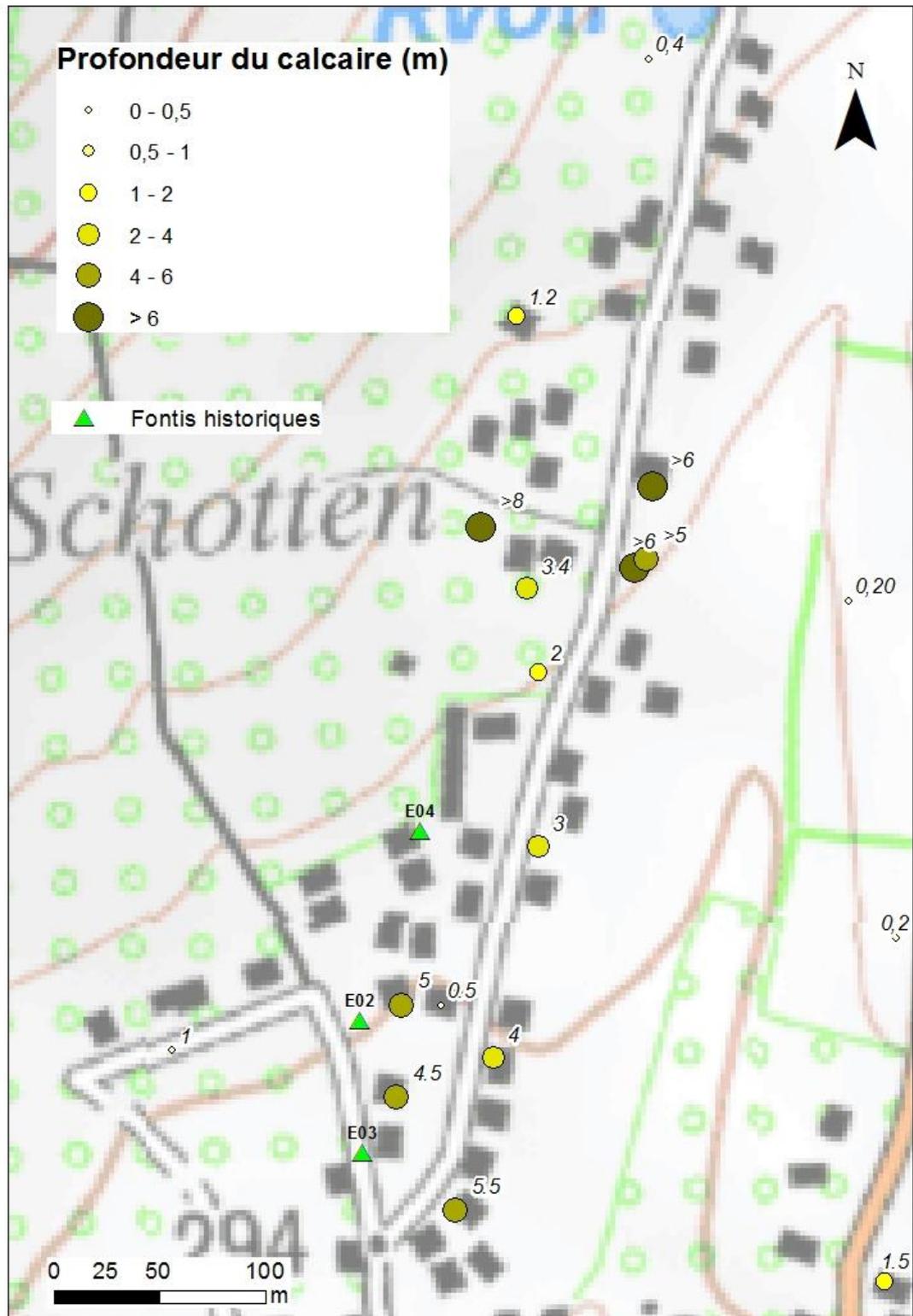


Illustration 20 : Carte de profondeur du calcaire issue des forages BSS

5.4.2. Présence de failles

Les failles influencent fortement la circulation des eaux souterraines, en particulier dans les formations karstifiables.

De nombreuses failles, non décrites sur la carte géologique, parcourent probablement la zone d'étude. En effet, le secteur d'Oberhaslach, situé dans le champ de fractures de Saverne, est connu pour être très faillé : il correspond à un champ de failles caractéristique des collines sous-vosgiennes, situées en bordure du fossé d'effondrement rhénan. A l'opposé du versant étudié, la carte géologique mentionne des failles qui s'interrompent au niveau de la Hasel : il est possible qu'elles se prolongent sur le versant étudié (contact entre les couches dissimulé par les terrains de recouvrement).

A cela s'ajoutent des indices qui témoignent très certainement de leur présence :

- L'analyse du MNT révèle des structures géomorphologiques linéaires (talus, cicatrices rectilignes) parfois bien visibles également sur le terrain.
- Au niveau de la perte du ruisseau, 2 terrains d'âges différents entrent en contact, témoignant de la présence d'une faille à cet endroit. Cette faille, qui s'aligne sur les effondrements connus, a déjà été mise en évidence par Lebon et Talbot (1987). La présence de celle-ci est encore démontrée par l'intermédiaire des sondages de la BSS qui montrent un décalage effectif des terrains à l'Est et à l'Ouest de la ligne dessinée par les effondrements connus (voir paragraphe précédent).

Parmi les nouvelles failles identifiées, une seule est actuellement accompagnée d'une activité karstique avec manifestations avérées en surface (voir en Illustration 21) : il s'agit de celle qui s'aligne sur les effondrements connus.

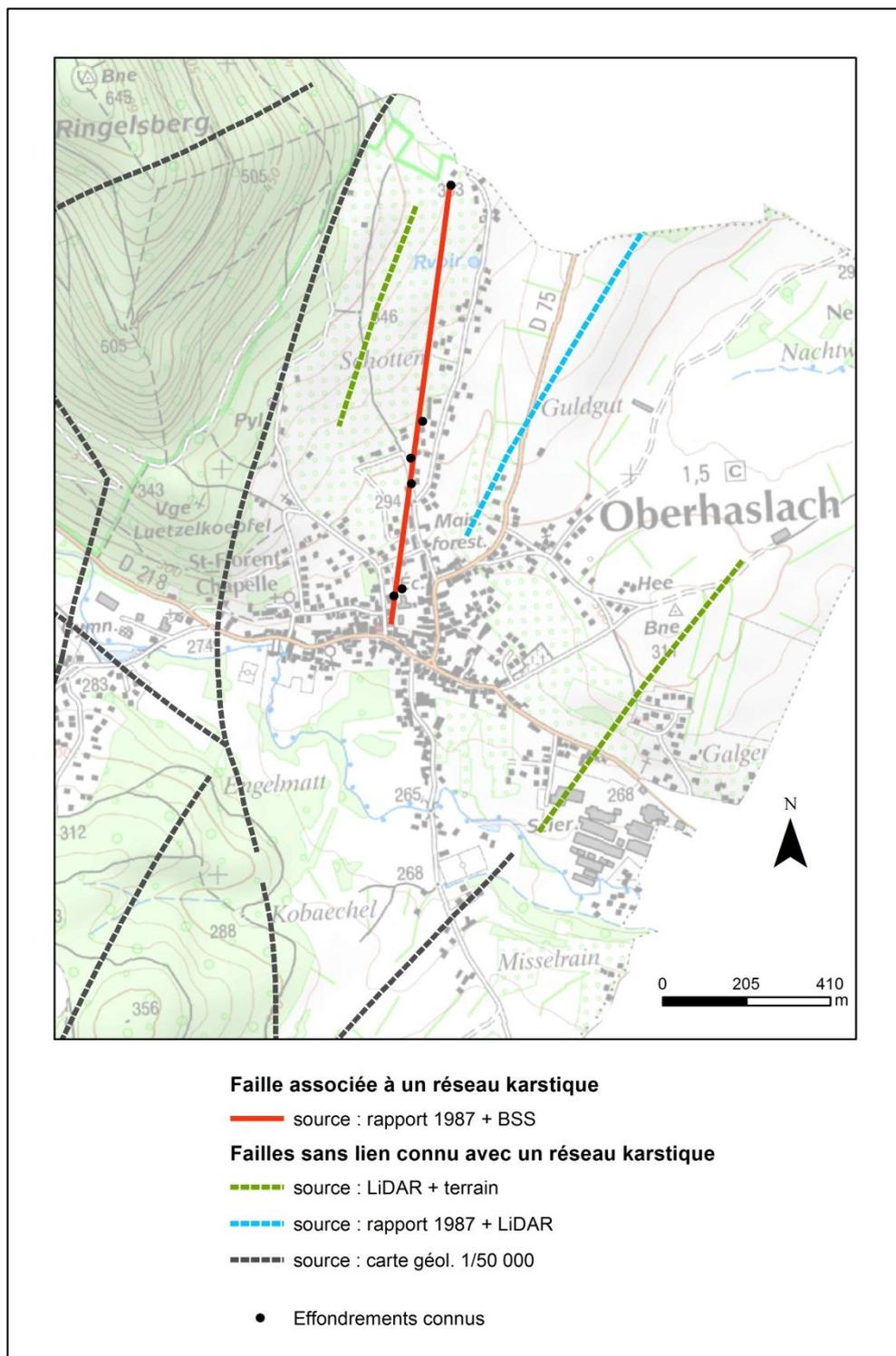


Illustration 21 : Lien entre les failles et la présence d'un réseau karstique

5.5. LIMITES DU RESEAU KARSTIQUE

Les limites du réseau karstique très actif peuvent être déterminées à l'amont par la perte du ruisseau, et à l'aval par son ancienne résurgence (datant d'avant la canalisation en 1997).

La doline située au 41 rue de la Source correspond à la perte historique du Ringelsbaechel. Néanmoins, depuis quelques années, on constate une régression de la zone d'infiltration vers l'amont : cela a été signalé dans le rapport ANTEA A05797 et confirmé par les investigations menées dans le cadre de cette étude. Ainsi, la perte actuelle se situerait environ 170 m en amont de la doline. Cette perte, contrairement à la doline, n'est pas totale.

La résurgence du ruisseau (débouché du réseau karstique) se situait avant 1997 en contrebas de la mairie.

Il est donc possible, en se basant sur ces éléments ainsi que sur les effondrements connus, d'estimer l'emprise du réseau karstique (cf. Illustration 22).

5.6. CARTE DE SYNTHÈSE DU PHÉNOMÈNE D'EFFONDREMENT / AFFAISSEMENT

Pour une meilleure compréhension des phénomènes en présence, à savoir les phénomènes connus, les facteurs de prédisposition et les indices de présence, nous les avons regroupés sur une même carte.

La carte de synthèse suivante (voir Illustration 22 page suivante) présente :

- les effondrements connus,
- le réseau karstique théorique, associé à l'alignement des effondrements, à la faille dont la présence a été vérifiée, ainsi qu'aux pertes et à l'ancienne résurgence du ruisseau souterrain,
- les formations géologiques affleurantes.

En revanche, aucune des anomalies topographiques détectées sur le MNT LiDAR et/ou observées lors des visites de terrain n'a été interprétée comme un indice de phénomène d'affaissement ou d'effondrement colmaté du fait de leur morphologie. Elles n'y figurent donc pas.

Identification des zones soumises à l'aléa effondrements et affaissements karstiques sur la commune d'Oberhaslach

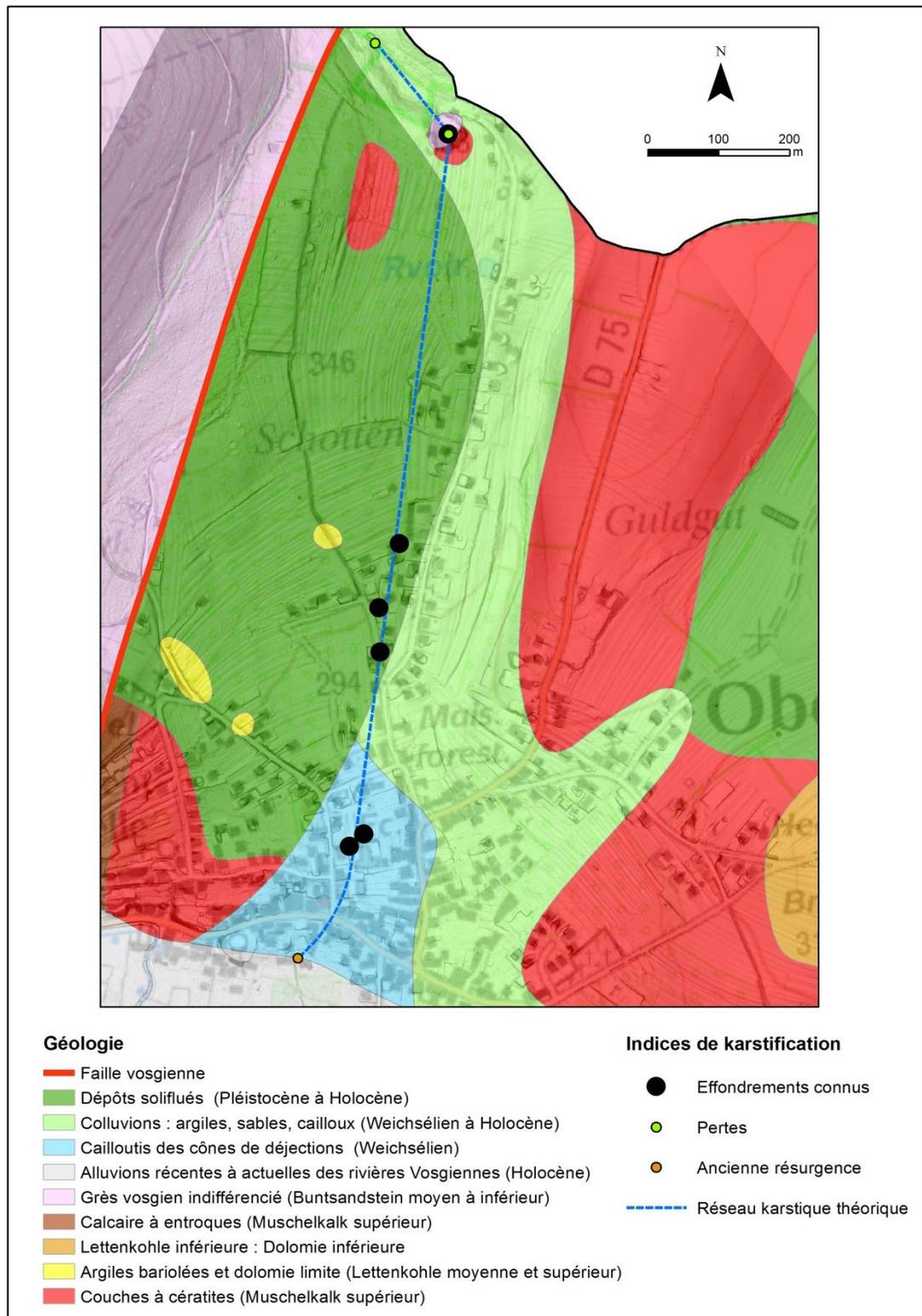


Illustration 22 : Carte de synthèse de l'aléa "effondrement/affaissement karstique"

5.7. CARTOGRAPHIE DE L'ALEA « EFFONDREMENT/AFFAISEMENT KARSTIQUE »

5.7.1. Limites de l'étude

Malgré toutes les investigations mises en œuvre dans le cadre de cette étude et des études précédentes, la connaissance du phénomène est à ce jour encore très limitée – en termes d'extension surfacique - pour les raisons suivantes :

- Nombre peu élevé de phénomènes avérés significatifs (6).
- Parmi ces phénomènes, la connaissance de 4 d'entre eux est insuffisante : la précision de leur situation est de l'ordre de la parcelle (basé sur des témoignages).
- Absence d'indices de surface en lien avec des effondrements ou affaissements.
- Seul le fontis de l'école a fait l'objet d'une expertise détaillée : pour les autres, absence de photos et de mesures (les témoignages sont discordants concernant ses dimensions).
- Absence de réseau karstique formellement identifié et pénétrable : lors de l'expertise du fontis de l'école, le réseau n'a pas pu être atteint car trop profond (d'après le rapport d'ANTEA, 1998).

Par ailleurs, hormis la présence de terrains calcaires et d'une faille, aucun facteur supplémentaire de prédisposition n'a pu être mis en évidence.

5.7.2. Carte d'aléa

- Postulat

La cartographie de l'aléa proposée ici est basée sur un jugement à dire d'expert. Le zonage retenu a consisté à définir des bandes forfaitaires de part et d'autre de l'axe du réseau karstique supposé et le long duquel s'alignent les effondrements connus. Comme la totalité du débit à l'amont de la perte du Ringelsbaechel se retrouvait au niveau de sa résurgence (avant la canalisation), nous pouvons considérer qu'il n'existe aucun apport souterrain en eau autre que celui du Ringelsbaechel lui-même. De plus, l'alignement évident des événements indique que le réseau karstique actif est très limité latéralement et ne comporte probablement qu'un seul conduit souterrain.

- Zonage

Cf. illustration 23 et annexe 7

- Une première enveloppe de 20 m, de part et d'autre du réseau karstique théorique, délimite une **zone d'aléa fort**. Cette zone est considérée comme fortement susceptible d'être le siège de nouveaux effondrements car directement sous influence du réseau.
- Une deuxième enveloppe de 30 m de large délimite une **zone d'aléa moyen** autour de la zone d'aléa fort. Elle correspond à une marge d'incertitude en raison de la méconnaissance du tracé réel du réseau karstique et de la densité de fracturation de part et d'autre de la faille qui a permis sa mise en place. On considère que l'apparition d'un effondrement y reste possible.
- Une troisième enveloppe comprend les terrains potentiellement karstifiables, mais à faible potentialité de fontis en raison de l'absence de circulations hydrauliques préférentielles avérées.

Le zonage proposé par Lebon et Talbot datant de 1987 (voir en **Annexe 6**) a ainsi été revu et corrigé.

5.7.3. Portée du document

- Caractère informatif

En tant que telle, une carte d'aléa a pour objectif de fournir une information la plus complète possible sur les phénomènes naturels. Elle devra induire un comportement responsable des citoyens et des décideurs, qui se protégeront des dangers ou éviteront les zones à risque et être pris en compte dans les décisions d'urbanisme en application de l'article R111-2 du code de l'urbanisme. Ce document pourra faire l'objet d'un « porter à connaissance risque ».

- Document préalable à un zonage réglementaire

La carte d'aléa prépare en général la réalisation d'une cartographie réglementaire de type Plans de Prévention des Risques (PPRn), qui concernent une ou plusieurs communes et qui délimitent des zones dans lesquelles une réglementation s'impose aux projets nouveaux et aux installations existantes, ou l'établissement/révision d'un PLU.

- Recommandations à faire en termes d'urbanisme

D'une manière générale, un PPR délimite des zones soumises à interdictions, prescriptions (obligations) et recommandations (non obligatoires mais fortement conseillées).

À titre indicatif, dans le cadre d'un PPRn, on différencierait ainsi 3 zones : zones inconstructibles (en rouge), zones constructibles avec contraintes (en bleu) et zones constructibles sans contrainte (en blanc). Dans le contexte d'Oberhaslach, le zonage réglementaire se superposerait très probablement directement à celui de l'aléa. Les zones en « aléa fort » seraient classées en zone rouge, les zones en aléa moyen en zone bleu foncé, et les zones en aléa faible en zone bleue.

- Zone rouge (contraintes fortes) : sont interdits les nouveaux projets (constructions, voirie, réseaux) ; les travaux (réparation...) sont autorisés et soumis à une étude de sol.
- Zone bleu foncé (contraintes moyennes) : les projets nouveaux (constructions, voirie, réseaux), quelle que soit leur surface, sont soumis à une étude de sol préalable ; les objectifs de cette étude de sol varient suivant le degré et la nature du risque et l'emprise au sol de l'aménagement/construction prévu
- Zone bleu (contraintes modérées) : les mêmes que contraintes que précédemment s'appliquent, mais uniquement pour les projets attenants à un bâtiment existant, ou dont la surface est supérieure à 20 m².

L'objectif à assigner aux études de sol est la détection de la présence éventuelle de cavités souterraines et la détermination des moyens de mise en sécurité, si cavité il y a.

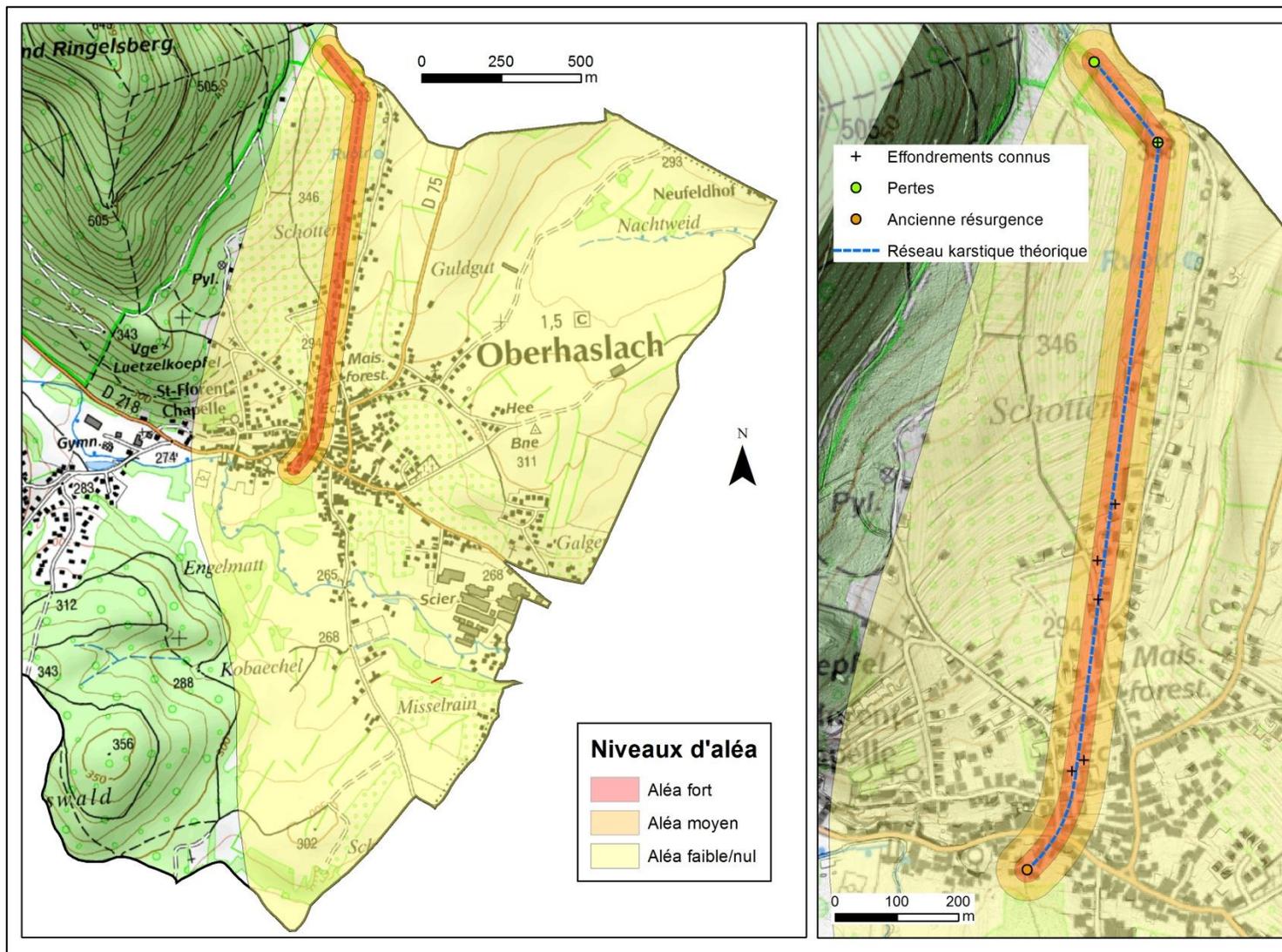


Illustration 23 : Carte d'aléa « effondrement/affaissement karstique »

6. Conclusions

Malgré les moyens mis en œuvre dans cette étude, aucun autre désordre ou indice associable à un désordre de type affaissement/effondrement que ceux déjà connus, n'a été décelé.

Les connaissances géologiques, hydrogéologiques, géographiques et historiques acquises et disponibles à ce jour nous ont conduit à un zonage de l'aléa « effondrement/affaissement karstique » essentiellement centré sur les événements avérés car jugés en relation avec un réseau karstique de très faible extension latérale associé à une faille.

Trois niveaux d'aléas - fort, moyen et faible - ont été déterminés ; ils traduisent des classes de susceptibilité d'apparition d'évènements d'intensités et d'occurrence décroissantes à dire d'expert.

Les éléments présentés dans cette étude pourront être inclus dans le DICRIM (Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs), ou tout document de planification de l'urbanisme communal type PLU.

7. Données complémentaires sur les mouvements superficiels (optionnel)

Bien que ceci ne fasse pas partie des attendus de l'étude, les investigations menées ont permis de récolter des informations concernant l'existence de mouvements superficiels. Nous nous contenterons de présenter les phénomènes observés : il ne s'agit toutefois pas d'élaborer une carte d'aléa « mouvements superficiels ».

7.1.1. Présence de glissements de terrain

Contrairement aux effondrements, le LiDAR (complété par l'étude de terrain) a permis de détecter avec certitude des glissements de terrain, dont les signatures sont très caractéristiques. En effet, le MNT révèle particulièrement bien les formes relatives à des niches d'arrachement, ou encore à des dépôts.

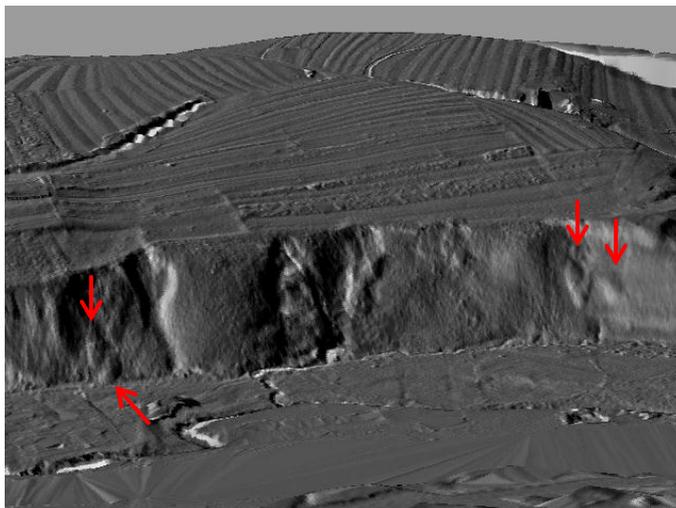


Illustration 24 : Dépôts en pied et ablations en milieu de versant

Il existe peu de témoignages sur le phénomène de glissement de terrain, ceci pour plusieurs raisons : rareté et faible intensité des phénomènes, présence occultée par la prédominance du risque d'effondrements.

a) Phénomènes connus

Au total, 12 glissements ont été recensés sur la zone d'étude (voir localisation en Illustration 28).

Identification des zones soumises à l'aléa effondrements et affaissements karstiques sur la commune d'Oberhaslach

- La BDMVT recense 3 évènements de type « coulées de boue » (confirmés en mairie) :
- En 1954, rue des Acacias/du Nideck. Celui-ci a traumatisé les riverains car il s'est produit à proximité d'habitations et a traversé la route.

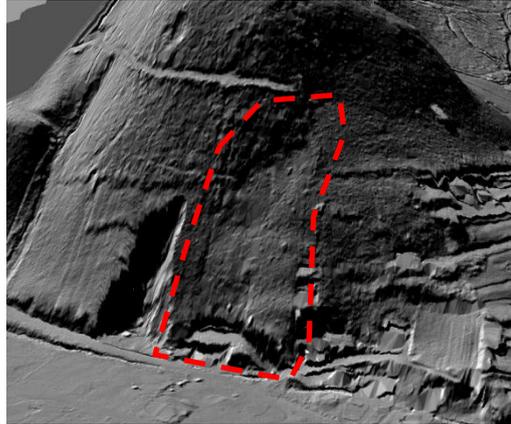


Illustration 25 : Trace du glissement de 1954 révélées par le MNT ombré

- En 1982, au lieu-dit « Hopfen » (sortie du village direction Nideck). Les débris ont traversé la route et se sont déposés dans la prairie.



Illustration 26 : Glissement de 1982 au lieu-dit "Hopfen" (source : Mairie d'Oberhaslach)

Ces deux glissements sont les évènements majeurs ayant eu lieu sur la commune.

- En 1982, au niveau de la maison forestière du Hohensteinwald.
- L'ONF et la Mairie ont connaissance d'un glissement ayant eu lieu à la maison forestière du Weinbaechel (1975/80).
- Un autre glissement a eu lieu en 1954 en face de la salle polyvalente (source : mairie).

- Le LiDAR a permis de localiser 6 glissements. Ainsi, ces données ont permis de recenser plus de phénomènes que ceux étant déjà connus.
- Enfin, le terrain a permis de localiser un glissement (non visible sur le MNT car la couverture forestière est trop dense).

b) Phénomènes probables

Les indices de glissement rencontrés sont suffisamment caractéristiques pour éviter tout doute concernant l'occurrence d'un tel phénomène.

7.1.2. Reptation

L'étude de terrain a mis en évidence des phénomènes probables de reptation (voir localisation en Illustration 30) : la présence d'arbre penchés, tous dans la même direction, est typique de ce genre de phénomène. La reptation est, à l'état naturel, un mouvement lent et sans danger particulier. Mais dans certains cas, en présence d'aménagements anthropiques, ces phénomènes peuvent s'accélérer et causer des dommages.



Illustration 27: Arbres penchés observés sur le terrain

En l'état actuel, les mouvements de reptation à Oberhaslach ne concernent aucun enjeu (zones inhabitées).

Identification des zones soumises à l'aléa effondrements et affaissements karstiques sur la commune d'Oberhaslach

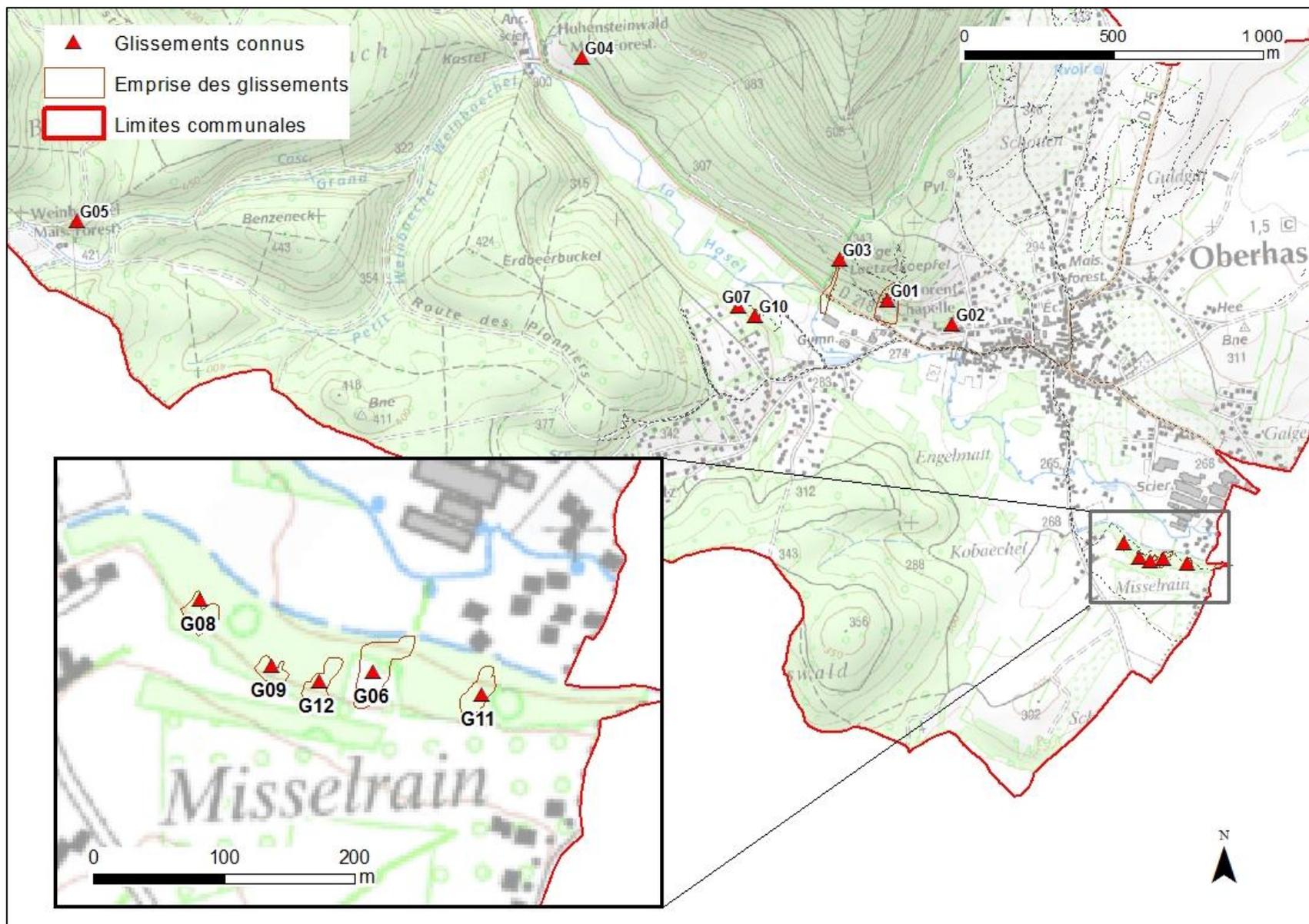


Illustration 28 : Carte des glissements connus

Identification des zones soumises à l'aléa effondrements et affaissements karstiques sur la commune d'Oberhaslach

IDENTIFIANT DU GLISSEMENT	DATE	LONGUEUR	LARGEUR	ENJEUX	PRECISION	CONFIRME SUR LE TERRAIN	DATE DE CONFIRMATION	REFERENCE	ACQUISITION DE L'INFORMATION	GEOLOGIE
G01	1954	130	60	vies humaines, habitations, routes	exacte	oui	21/03/2013	BDMVT	témoignage	grès vosgien indifférencié
G02	1954	?	?	vies humaines, habitations, routes	parcelle	non	-	Mairie	témoignage	couches à cératites
G03	1982	230	10	route, vies humaines	exacte	oui	21/03/2013	BDMVT	témoignage	grès vosgien indifférencié
G04	1982	?	?	route, vies humaines	parcelle	non	-	BDMVT	témoignage	rhyolites et ignimbrites rhyolitiques
G05	avant 2001	?	?	?	lieu-dit	non	-	ONF-Mairie	témoignage	rhyolites et ignimbrites rhyolitiques
G06	inconnue	55	25	aucun	exacte	oui	21/03/2013	B.PIERREVELCIN	LIDAR	dépôts soliflués de versant
G07	inconnue	45	12	aucun	exacte	oui	21/03/2013	D.CRUZ	LIDAR	rhyolites et ignimbrites rhyolitiques
G08	inconnue	30	32	aucun	exacte	oui	21/03/2013	D.CRUZ	LIDAR	dépôts soliflués de versant
G09	inconnue	20	25	aucun	exacte	oui	21/03/2013	D.CRUZ	LIDAR	dépôts soliflués de versant
G10	inconnue	?	?	aucun	exacte	oui	21/03/2013	D.CRUZ	terrain	rhyolites et ignimbrites rhyolitiques
G11	inconnue	40	30	aucun	exacte	non	-	B.PIERREVELCIN	LIDAR	dépôts soliflués de versant
G12	inconnue	40	15	aucun	exacte	non	-	B.PIERREVELCIN	LIDAR	dépôts soliflués de versant

Illustration 29 : Tableau récapitulatif des glissements de terrain recensés sur la commune d'Oberhaslach

Identification des zones soumises à l'aléa effondrements et affaissements karstiques sur la commune d'Oberhaslach

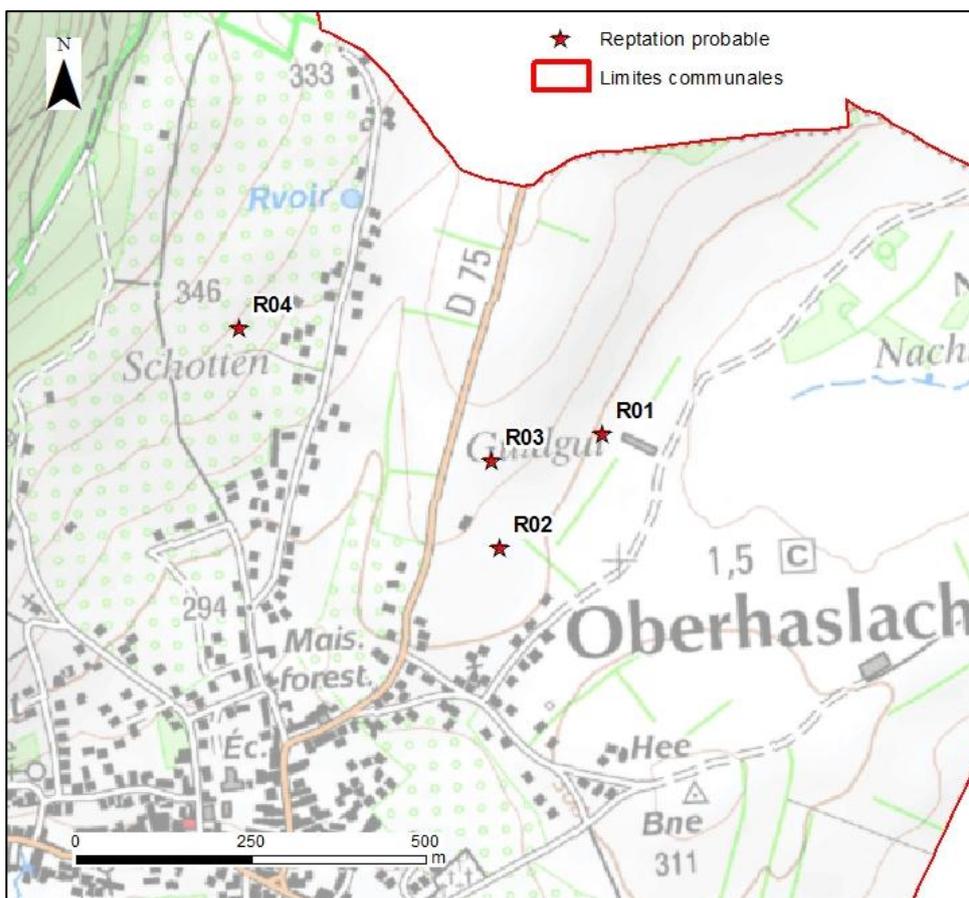


Illustration 30 : Carte des phénomènes de reptation probables

IDENTIFIANT	R01	R02	R03	R04
ENJEUX	aucun	aucun	aucun	aucun
PRECISION	exacte	exacte	exacte	exacte
DATE D'OBSERVATION	07.03.13	07.03.13	07.03.13	08.03.13
REFERENCE	D. Cruz Mermey	D. Cruz Mermey	D. Cruz Mermey	B. Pierrevelcin
MOYEN D'ACQUISITION DE L'INFORMATION	terrain	terrain	terrain	terrain
GEOLOGIE	dépôts soliflués de versant	couches à cératites	couches à cératites	dépôts soliflués de versant

Illustration 31: Tableau récapitulatif des phénomènes de reptation probables

8. Bibliographie

ANTEA, 1998 – Intervention du 03/02/98 pour l'effondrement de la cavité de l'école. 4p.

BAKALOWICZ M., 2006 – Aquifères karstiques. Dans Roux J.C. et coll., 2006 – Aquifères & eaux souterraines en France. Tome I, 479 p. BRGM Editions, coll. Scientifique et technique, pp 59-73, Orléans.

LACHASSAGNE P., WYNS R., 2006 – Aquifères de socle. Dans Roux J.C. et coll., 2006 – Aquifères & eaux souterraines en France. Tome I, 479 p. BRGM Editions, coll. Scientifique et technique, pp 43-51, Orléans.

LEBON P., TALBOT A., 1987 – Examen des risques liés au sous-sol de la commune d'Oberhaslach. 10p. + annexes

MIHARA S., 1935 – Etude géologique et pétrographique de la région du Nideck. Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr., n° 4, 134 p., 1 carte h.t.

Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, 2012 – Plan de prévention des risques naturels : cavités souterraines abandonnées. Guide méthodologique, 79p.

Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 1999. Plan de prévention des risques naturels : cavités souterraines abandonnées. Guide méthodologique, 71p ISBN : 2-11-004354-7. Ed. La Documentation française

PIERREVELCIN B., 2013 – Apport d'une méthode de classification orientée-objet pour la détection de dolines à partir de données LiDAR : application à la commune d'Oberhaslach. Mémoire de master 2. 62p. + annexes

RICOUR. J., 1978 – Etat des connaissances sur l'hydrogéologie de la série calcaro-dolomitique du Muschelkalk moyen et supérieur à la périphérie du bassin houiller Lorrain. BRGM/78-SGN-463-LOR, 14 p., 1 carte, BRGM.

RINCK.G., 1973 – Rapport d'inventaire hydrogéologique. Feuille de Molsheim (Bas-Rhin). Situation en 1972. BRGM/73-SGN-173-SGAL, 11 p. 5 cartes, BRGM.

THEOBALD N., MENILLET F., VOGT H., 1975 – Notice et feuille de Molsheim. Carte géologique de la France à 1/50 000, XXXVII-15, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans.

Annexe 1

Détection d'anomalies par la méthode du MNT résiduel

Détection d'anomalies par la méthode du MNT résiduel

➤ Objectif :

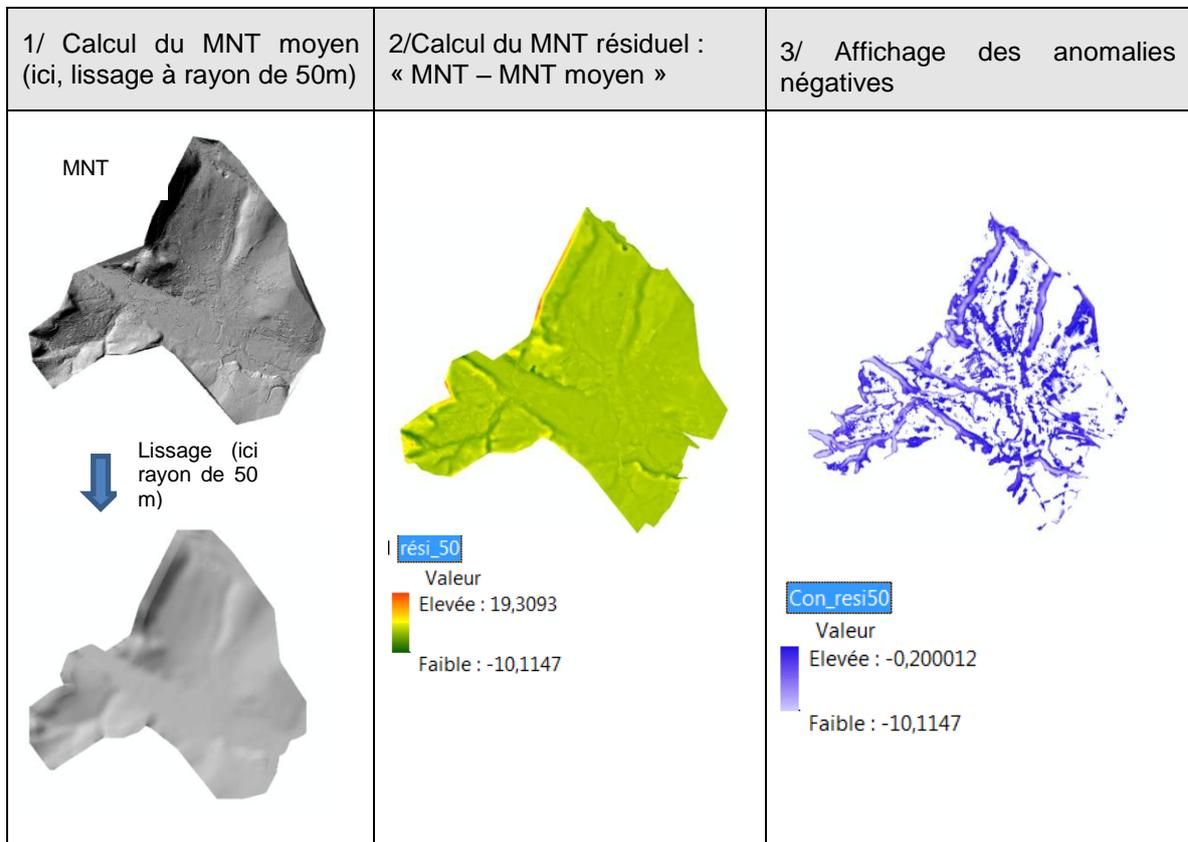
Détecter automatiquement les anomalies topographiques de type « dépressions »

➤ Méthode :

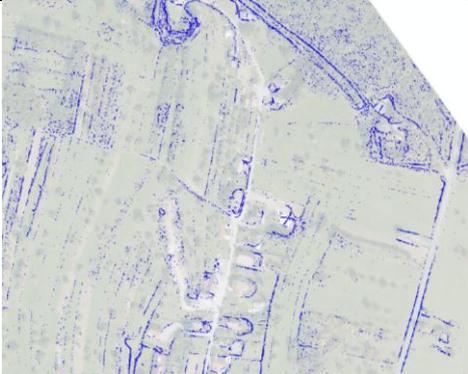
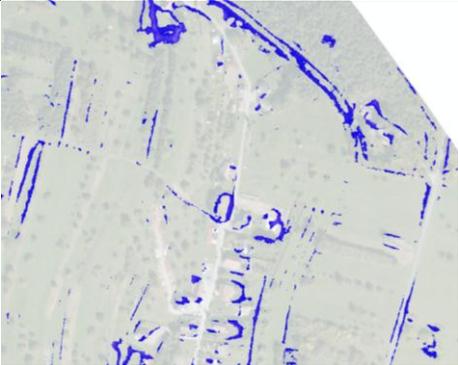
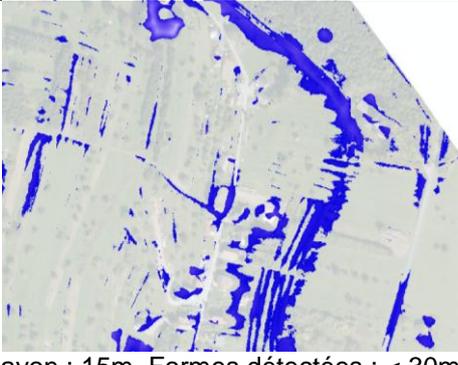
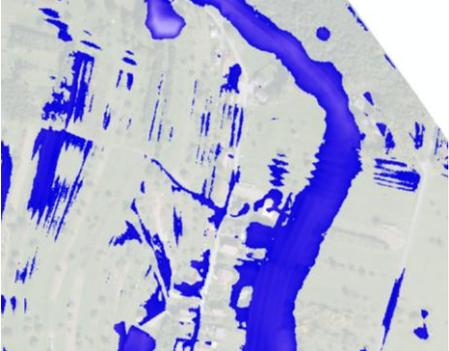
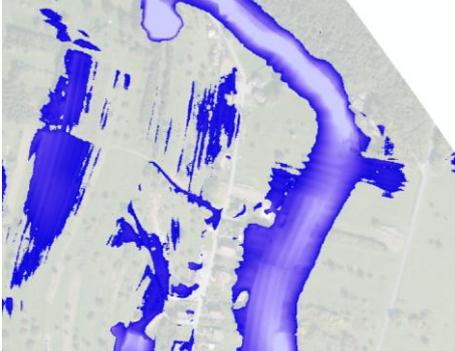
1/ Calcul d'un MNT moyen avec différents rayons de lissage pour révéler des formes de tailles différentes (outil « statistiques focales » de Spatial Analyst).

2/ Calcul d'un MNT résiduel correspondant à la différence entre le MNT et le MNT moyen (outil « calculatrice raster » de Spatial Analyst). Ce MNT résiduel affiche les anomalies positives et négatives sur la zone d'étude.

3/ Affichage des anomalies négatives pour ne représenter que les dépressions (outil « con » de Spatial Analyst).



Le lissage à différents rayons a permis de révéler différentes formes :

<p>Petit rayon de lissage : Forme surtout anthropiques. Les petites dépressions circulaires généralement observées sur le terrain apparaissent peu (formes trop peu prononcées)</p>	
	
<p>Rayon : 1m. Formes détectées : < 2m</p>	<p>Rayon : 3m. Formes détectées : < 6m</p>
<p>Moyen rayon de lissage : Formes anthropiques et naturelles. Les quelques dépressions observées suffisamment marquées apparaissent.</p>	
	
<p>Rayon : 7m. Formes détectées : < 14m</p>	<p>Rayon : 15m. Formes détectées : < 30m</p>
<p>Grand rayon de lissage : Formes surtout naturelles (thalwegs, pieds de talus). On observe des anomalies suspectes à grande longueur d'onde dans les champs.</p>	
	
<p>Rayon : 30m. Formes détectées : < 60m</p>	<p>Rayon : 50m. Formes détectées : < 100m</p>
<p>CONCLUSION : C'est le lissage à grand rayon qui a révélé le plus d'anomalies (à grandes longueur d'ondes). La démarche n'a pas révélé beaucoup de candidats de type « dolines » ou « fontis ».</p>	

Annexe 2 :

Calcul du réseau de drainage

Calcul du réseau de drainage

➤ Objectif :

Tracer le réseau de drainage théorique correspondant à la topographie naturelle.

➤ Méthode :

L'ensemble des opérations s'effectuent sous Spatial Analyst.

1/ Calcul d'un MNT moyen avec un rayon de lissage de 20m (outil « Statistiques focales ») pour éliminer les signaux anthropiques (remblais/déblais, routes, fossés) et révéler la topographie naturelle.

2/ Outil « direction de flux » pour calculer les sens d'écoulement sur les versants

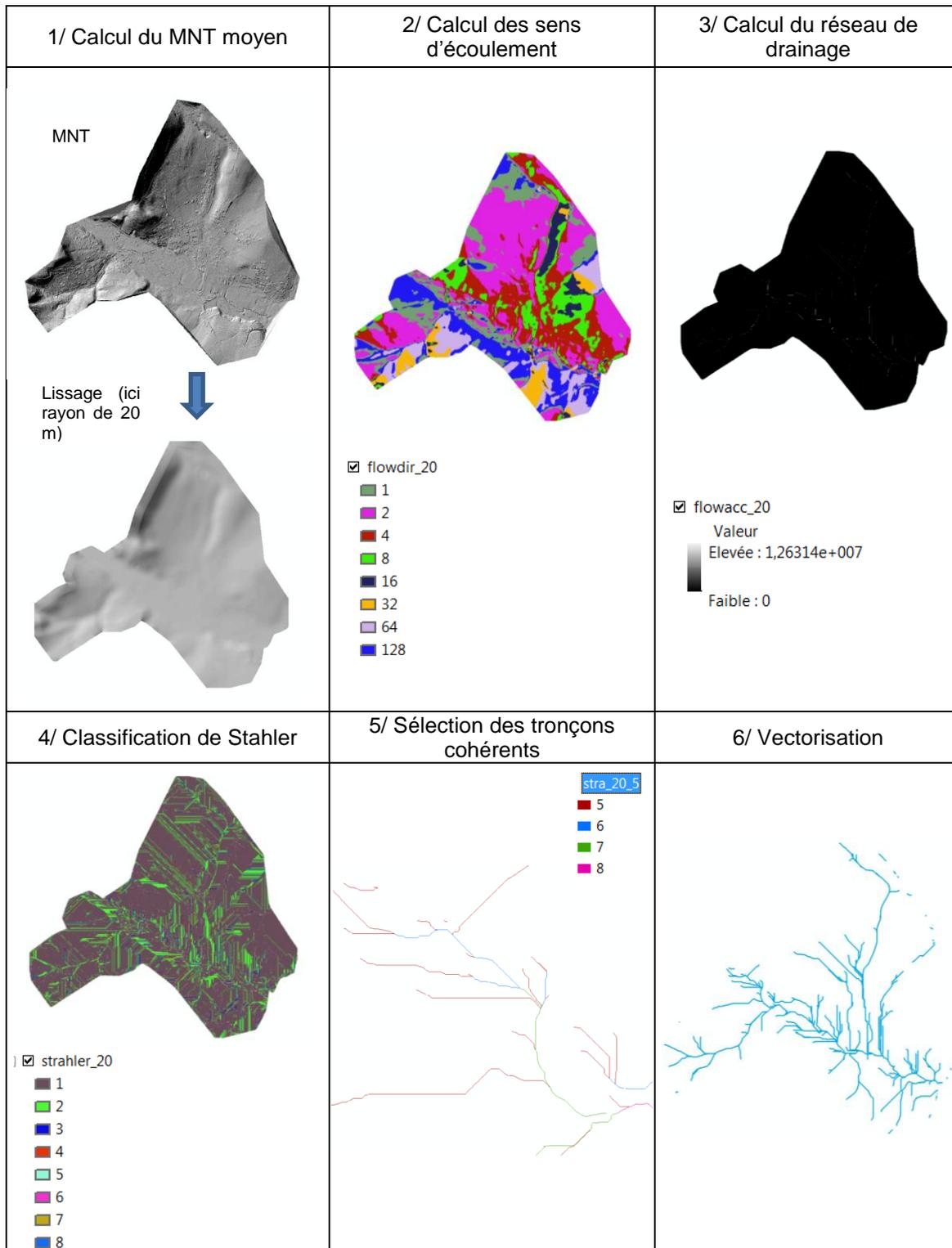
3/ Outil « accumulation de flux » pour calculer le réseau de drainage. A ce stade, une valeur est attribuée à chaque pixel de la zone, ce qui ne fait pas apparaître nettement le réseau de drainage.

4/ Outil « ordre d'écoulement » pour hiérarchiser les cours d'eau (classification de Strahler). On remarque que le réseau obtenu ne peut pas correspondre à la réalité, et qu'une sélection doit être opérée.

5/ Outil « con » pour obtenir un réseau cohérent. Cet outil permet de n'afficher que les cours d'eau d'un ordre voulu (> 4 dans notre cas).

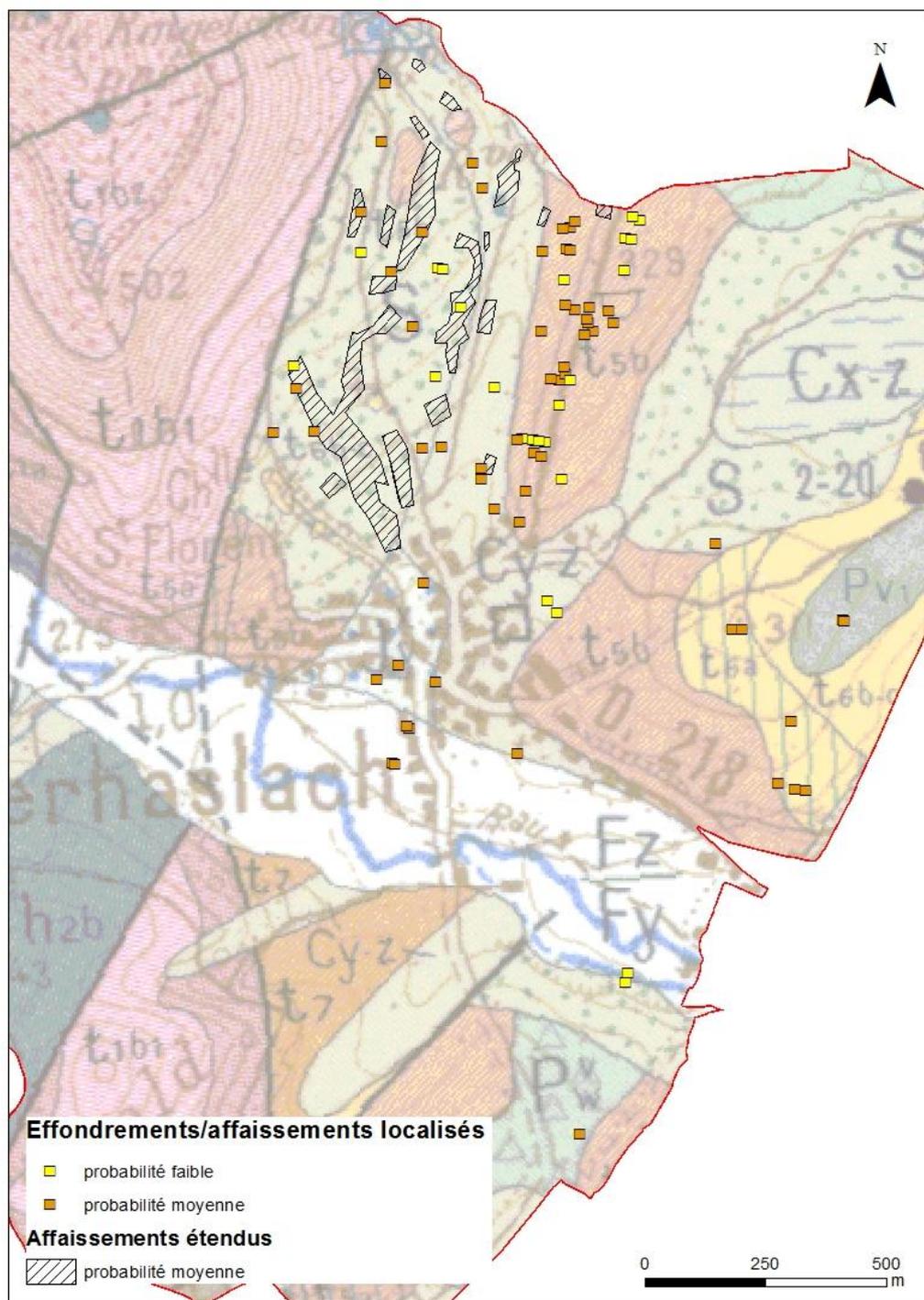
6/ Outil « raster vers polygones » pour vectoriser le réseau de drainage théorique.

Identification des zones soumises à l'aléa effondrements et affaissements karstiques sur la commune d'Oberhaslach



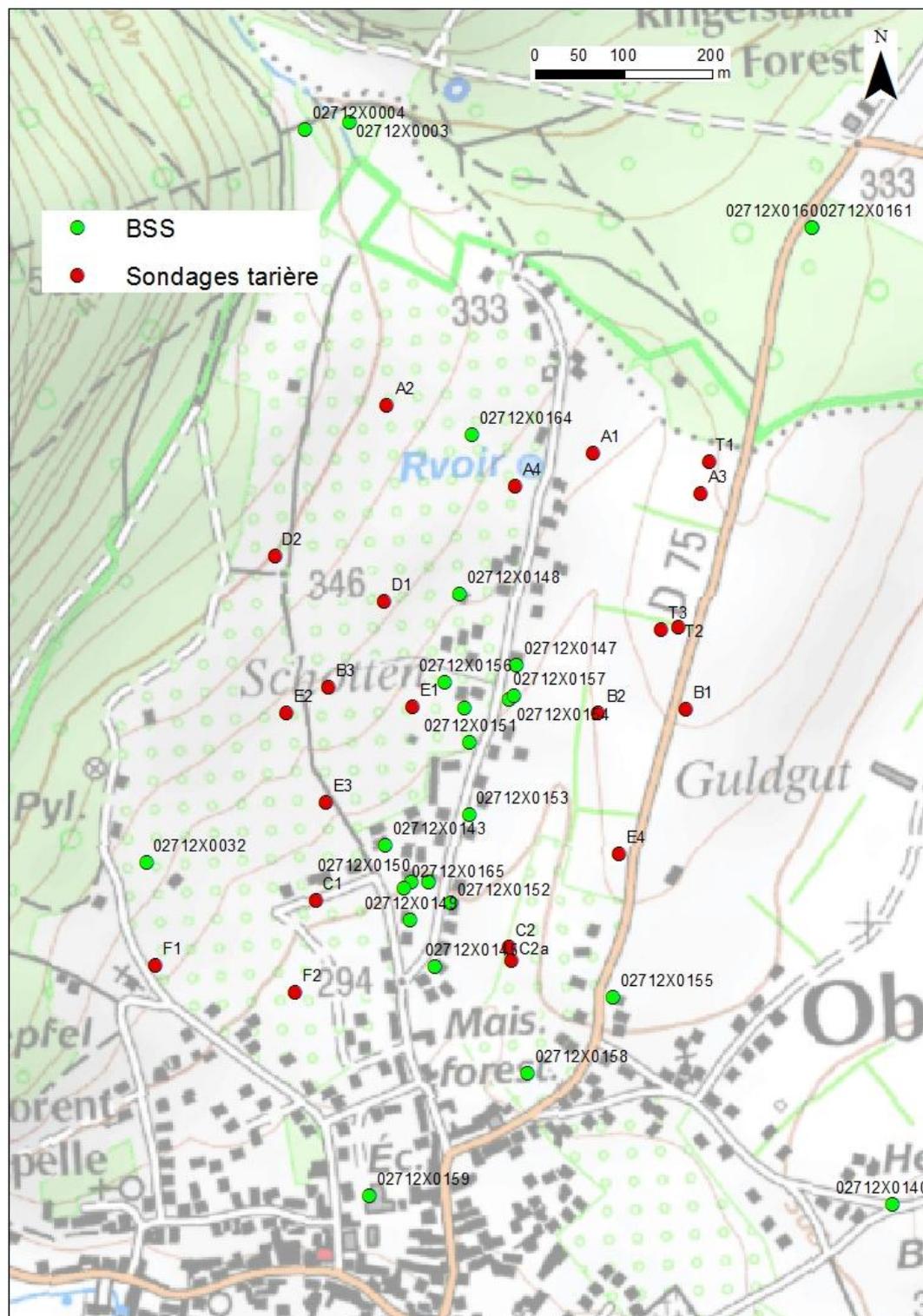
Annexe 3 :

Indices d'effondrements et d'affaissements



Annexe 4 :

Données géologiques exploitées



Annexe 5 : Description des profils

Identification des zones soumises à l'aléa effondrements et affaissements karstiques sur la commune d'Oberhaslach

INDICE	Texture du recouvrement	Epaisseur du recouvrement (m)	Roche atteinte (m)	Substratum (carte géologique)	Photo du profil (profondeur en m)
					0 0,5 1 1,5 m
A1	limoneux ; argilo-limoneux	> 0,8	-	Colluvions	
A2	limoneux ; argilo-sableux	> 1	-	Couche à Cératites	
A3	limono-argileux à argilo-limoneux	0,2	Calcaire	Couche à Cératites	
A4	limono-argileux ; argileux (calcaire altéré)	0,4	Calcaire	Dépôts de solifluxion	
B1	limono-argileux	0,35	Calcaire	Couche à Cératites	
B2	limoneux	0,2	Calcaire	Couche à Cératites	
B3	limono-sableux à sablo-limoneux ; sablo-argileux	0,7	Grès	Dépôts de solifluxion	
C1	limono-sableux à limono-argileux ; argile verte limoneuse	1	Calcaire	Dépôts de solifluxion	

Identification des zones soumises à l'aléa effondrements et affaissements karstiques sur la commune d'Oberhaslach

INDICE	Texture du recouvrement	Epaisseur du recouvrement (m)	Roche atteinte (m)	Substratum (carte géologique)	Photo du profil (profondeur en m)
					0 0,5 1 1,5 m
C2	limoneux ; argilo-sableux	> 1,4	-	Colluvions	
C2a	REMBLAI	-	-	Colluvions	
D1	limono-sableux ; sablo-argileux	0,4	Grès	Dépôts de solifluxion	
D2	sablo-limoneux ; sablo-argileux	0,6	Grès	Dépôts de solifluxion	
E1	limono-sableux ; sablo-argileux	0,6	Grès	Dépôts de solifluxion	
E2	sablo-limoneux ; sablo-argileux	1,2	Grès	Dépôts de solifluxion	
E3	limono-sableux ; sablo-argileux	0,6	Grès	Dépôts de solifluxion	

Identification des zones soumises à l'aléa effondrements et affaissements karstiques sur la commune d'Oberhaslach

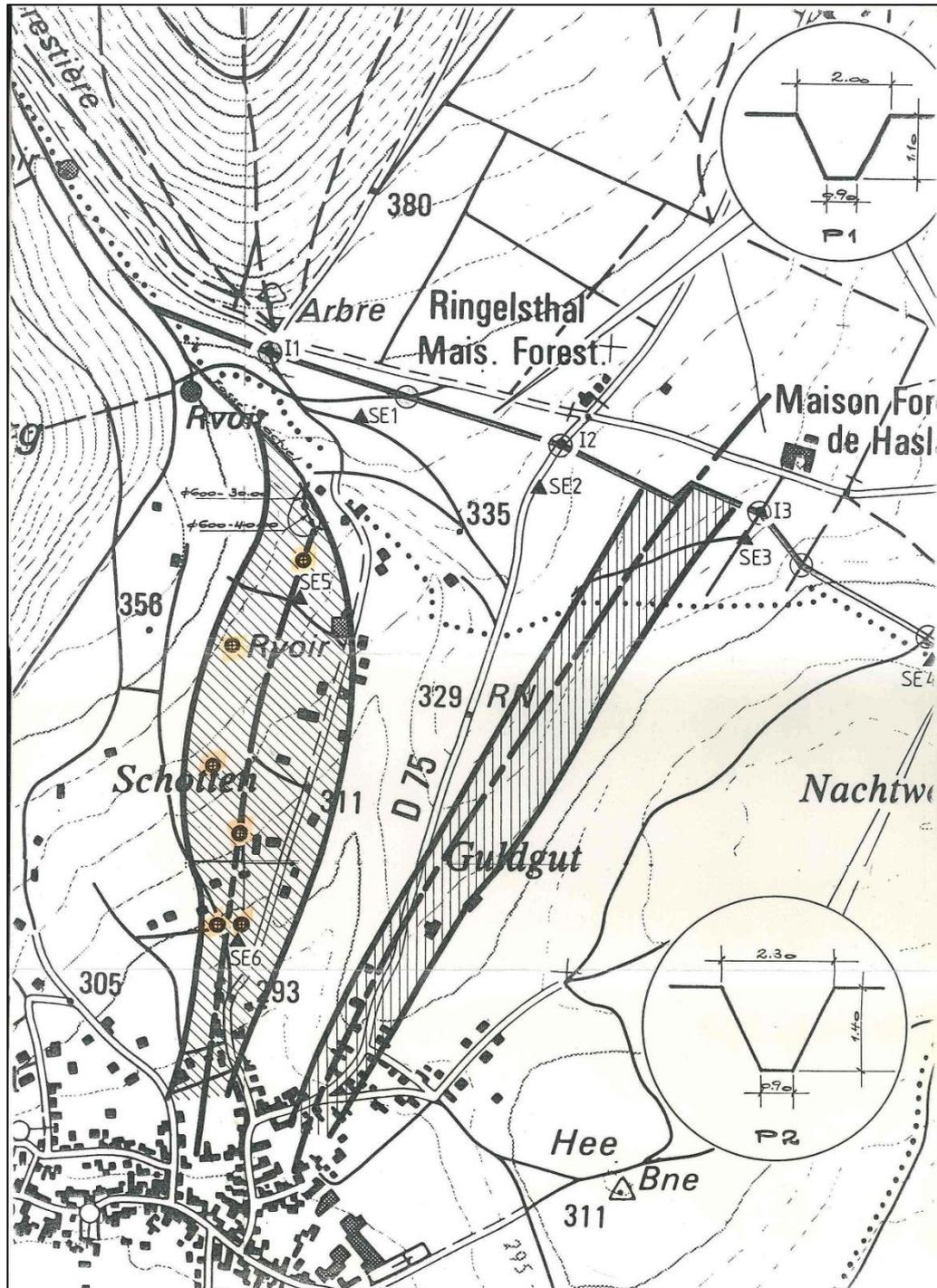
INDICE	Texture du recouvrement	Epaisseur du recouvrement (m)	Roche atteinte (m)	Substratum (carte géologique)	Photo du profil (profondeur en m)
					0 0,5 1 1,5 m
E4	limoneux	0,2	Calcaire	Dépôts de solifluxion	
F1	sablo-limoneux ; sablo-argileux	> 1,1	-	Marnes bariolées	
F2	sablo-limoneux ; sablo-argileux	> 1	-	Dépôts de solifluxion	
T1	limono-argileux à argilo-limoneux	0,4	Calcaire	Couche à Cératites	
T2	REMBLAI - limono-argileux	0,4	Calcaire	Couche à Cératites	
T3	REMBLAI - limono-argileux	0,3	Calcaire	Couche à Cératites	

Identification des zones soumises à l'aléa effondrements et affaissements karstiques sur la commune d'Oberhaslach

Annexe 6 :

Zonage réalisé en 1987 par Lebon et Talbot

Identification des zones soumises à l'aléa effondrements et affaissements karstiques sur la commune d'Oberhaslach



Identification des zones soumises à l'aléa effondrements et affaissements karstiques sur la commune d'Oberhaslach

COMMUNE D'OBERHASLACH
(Bas-Rhin)

ANALYSE DES DESORDRES OBSERVES

LEGENDE

-  anomalies repérées d'après photographies aériennes IGN
-  zone à risque actuelle
-  zone pouvant être réactivée
-  axe sur lequel s'alignent les principaux affaissements
- SE1 ▲ sondage électrique et sa désignation
- I1 ● essais de perméabilité exécutés sur le terrain

SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL ALSACE
204, route de Schirmeck - 67200 STRASBOURG - Tél. 88.30.12.62

Annexe 7 :

Carte d'aléa affaissement / effondrement karstique sur un fond de plan à l'échelle du 1/ 1000

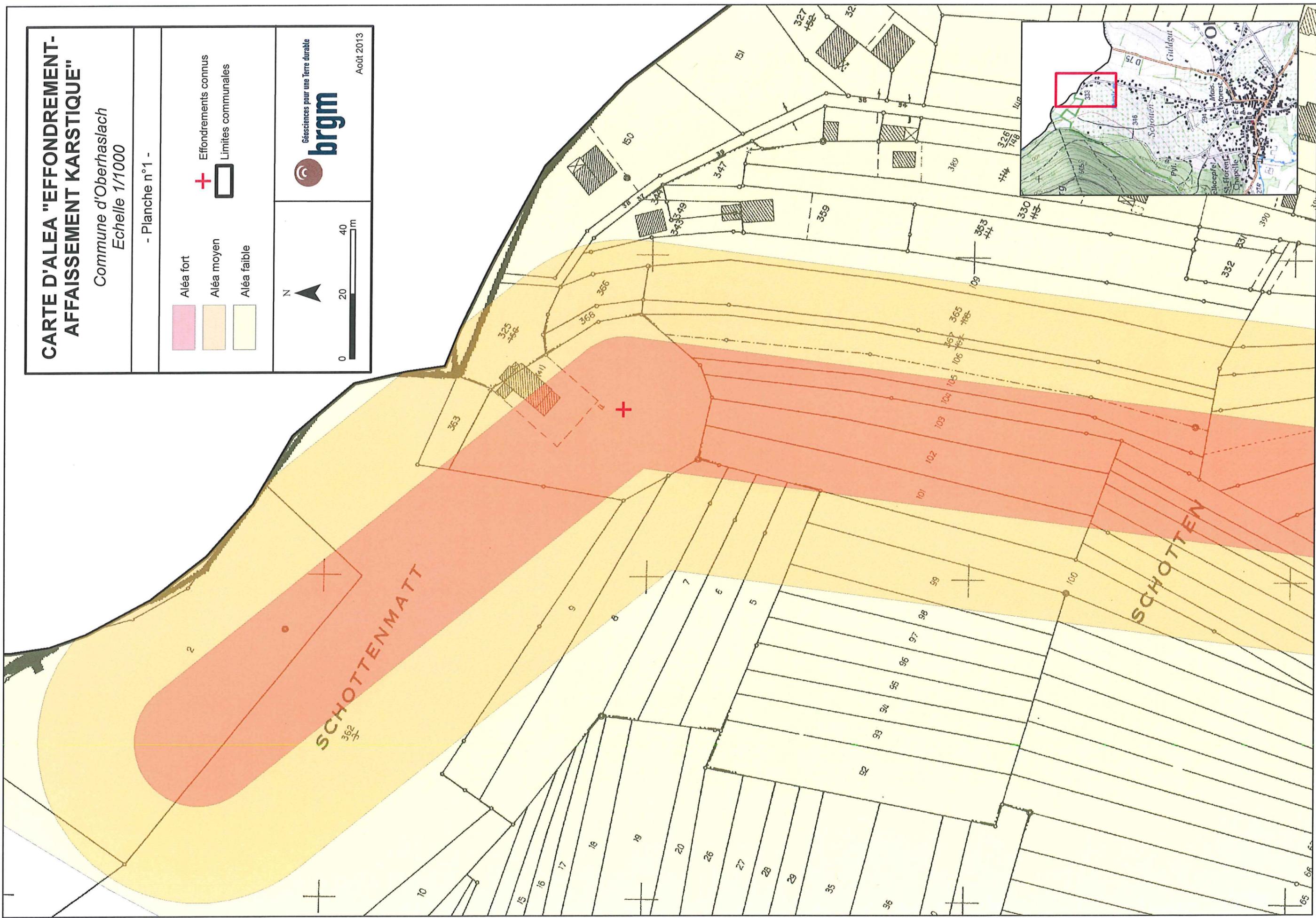
CARTE D'ALEA "EFFONDREMENT-AFFAISSEMENT KARSTIQUE"

Commune d'Oberhaslach
Echelle 1/1000

- Planche n°1 -



Août 2013



CARTE D'ALEA "EFFONDREMENT-AFFAISSEMENT KARSTIQUE"

Commune d'Oberhaslach
Echelle 1/1000

- Planche n°2 -

	Aléa fort
	Aléa moyen
	Aléa faible
	Effondrements connus
	Limites communales

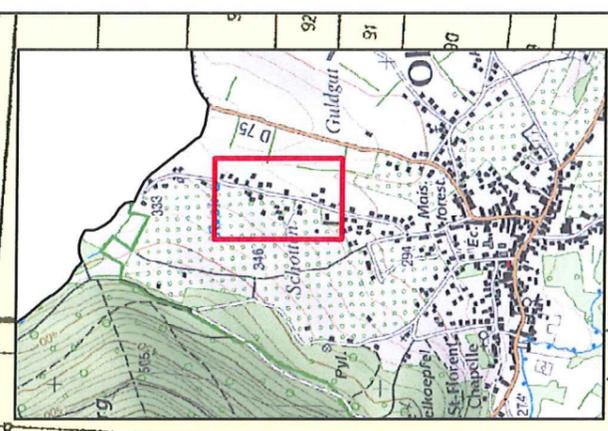
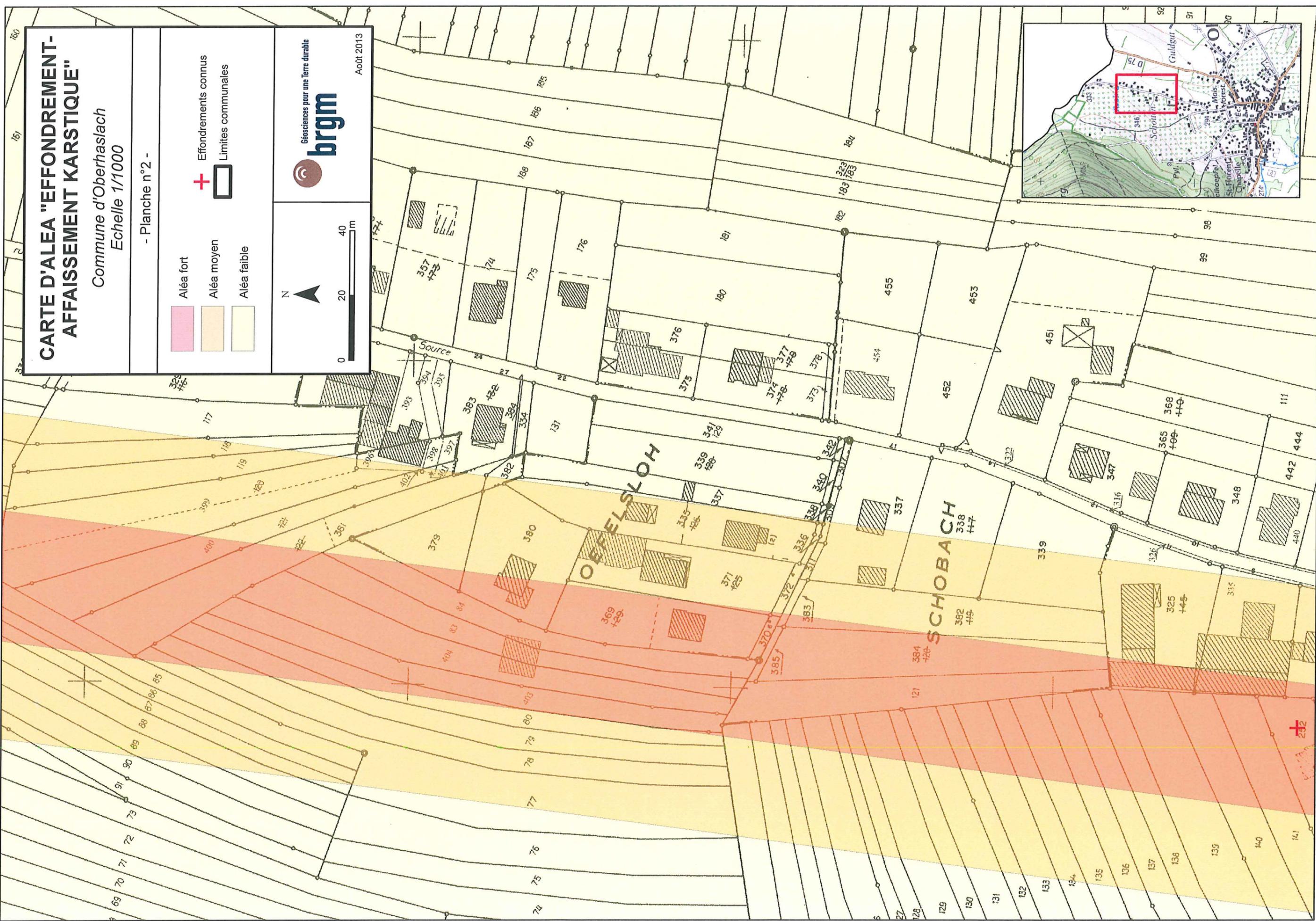
N 

0 20 40 m 

Géosciences pour une Terre durable

brgm

Aout 2013



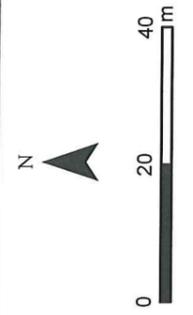
CARTE D'ALEA "EFFONDREMENT-AFFAISSEMENT KARSTIQUE"

Commune d'Oberhaslach
Echelle 1/1000

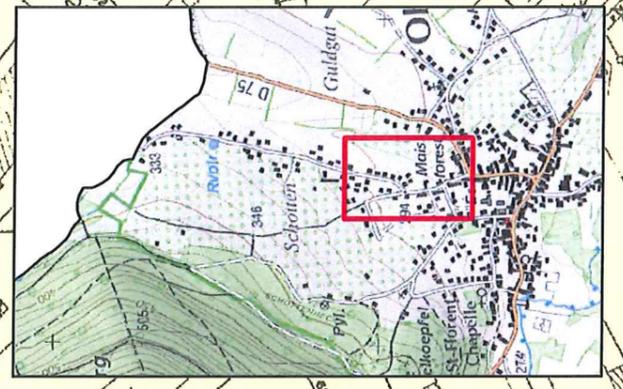
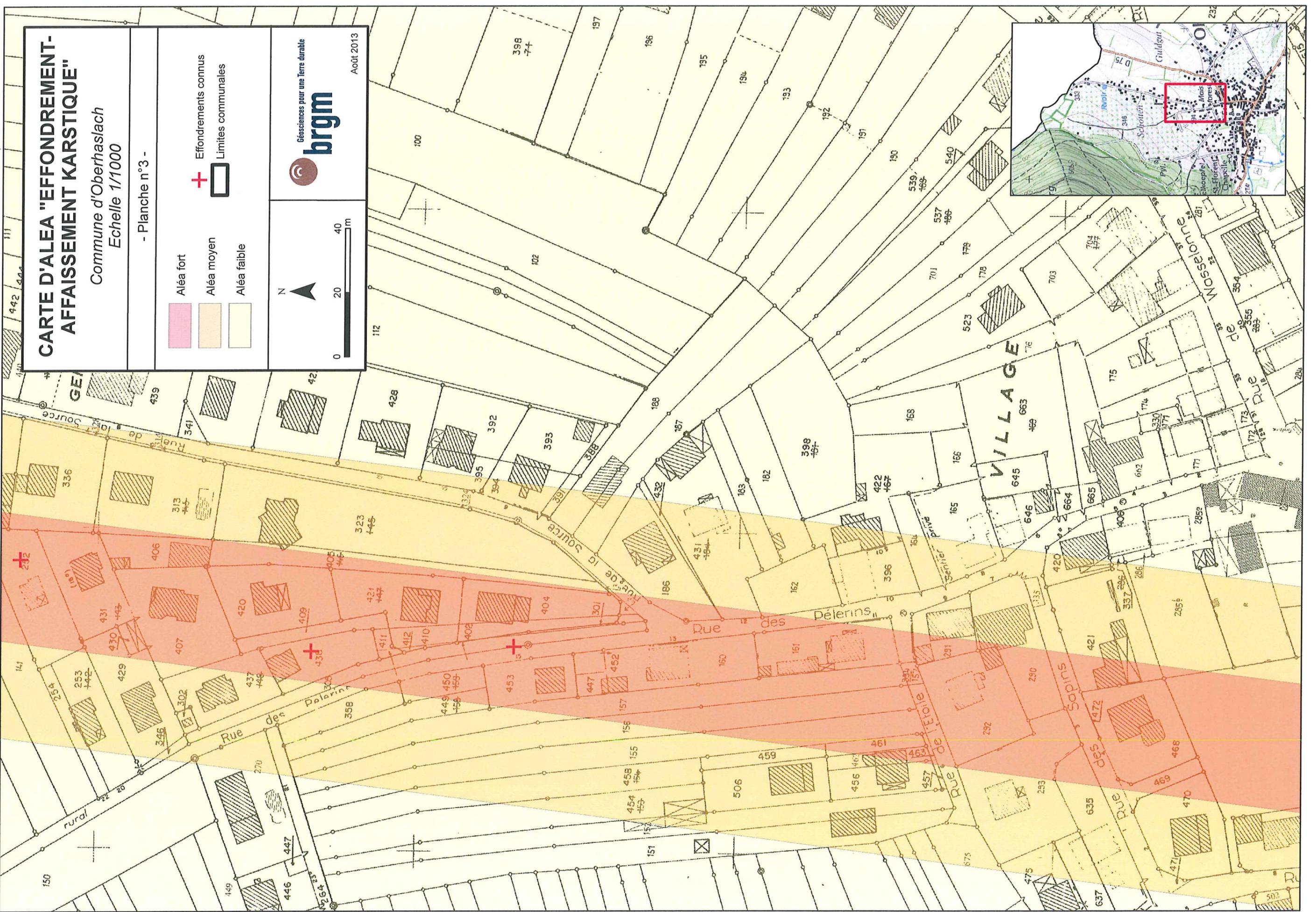
- Planche n°3 -

- Aléa fort
- Aléa moyen
- Aléa faible

- + Effondrements connus
- ▭ Limites communales



Août 2013



CARTE D'ALEA "EFFONDREMENT-AFFAISSEMENT KARSTIQUE"

Commune d'Oberhaslach
Echelle 1/1000

- Planche n° 4 -

- Aléa fort
- Aléa moyen
- Aléa faible

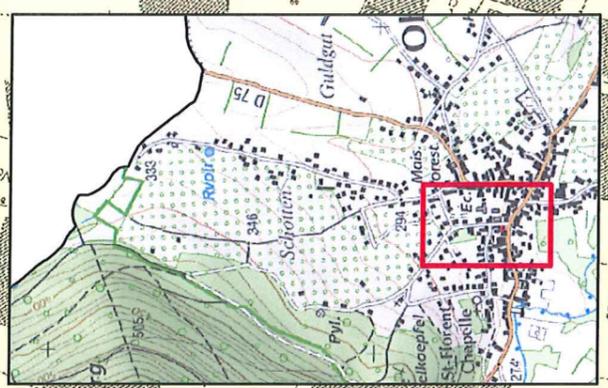
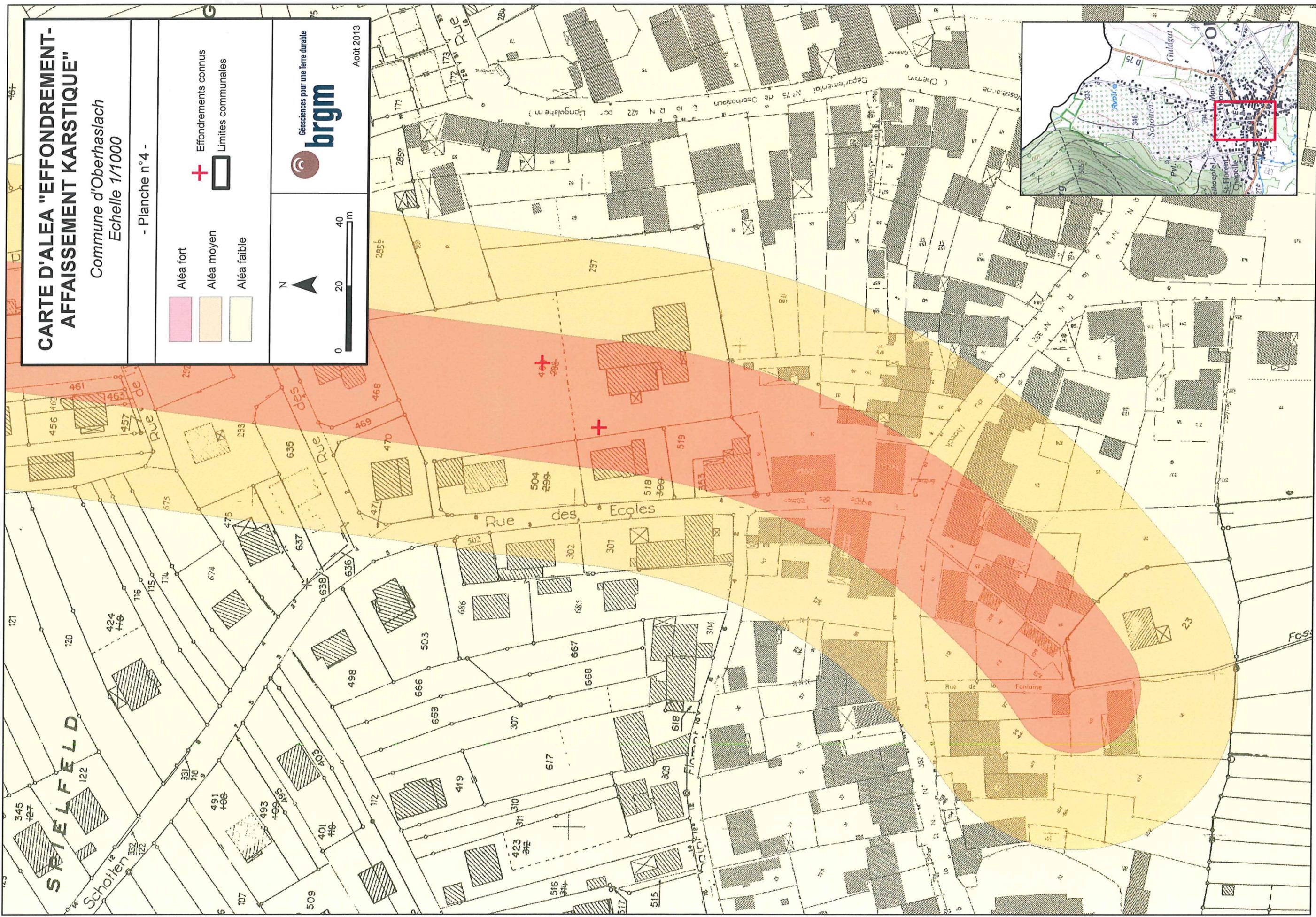
- Effondrements connus
- Limites communales



Sciences pour une Terre durable

brgm

Août 2013





Géosciences pour une Terre durable

brgm

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

Direction régionale Alsace
Parc Activités Porte Sud
Rue Pont du Péage – Bâtiment H1
67118 GEISPOLSHEIM – France
Tél. : 03 88 77 48 90