

Table des matières		3.1-4- La susceptibilité de présence de cavités non visibles sur le terrain.....	24
PREAMBULE.....	2	3.1-5- Le bilan des aléas et susceptibilités effondrement localisé et affaissement.....	28
1. LES FONDEMENTS DE LA POLITIQUE DE L'ETAT EN MATIERE DE RISQUES NATURELS MAJEURS.....	2	3.1-6- La cartographie des aléas et susceptibilités effondrement localisé et affaissement.....	29
1.1 - DEFINITION DU RISQUE.....	2	3.2 - L'ALEA ÉBOULEMENT – CHUTE DE BLOCS.....	29
1.2 - L'INFORMATION PREVENTIVE.....	2	3.2-1- Prédisposition aux éboulements et chutes de blocs.....	29
1.3 - LA PREVENTION.....	2	3.2-2- Intensité du phénomène.....	30
1.4 - LA PROTECTION.....	2	3.2-3- Niveau d'aléa éboulement – chute de blocs retenu.....	30
1.5 - LA PREVISION OU SURVEILLANCE PREDICTIVE DU PHENOMENE NATUREL.....	3	3.3 - L'ALEA GLISSEMENT DE TERRAIN.....	30
2. LA RESPONSABILITE DES DIFFERENTS ACTEURS EN MATIERE DE PREVENTION DU RISQUE	3	3.3-1- Prédisposition aux glissement de terrain.....	31
2.1 - RESPONSABILITE DE L'ETAT.....	3	3.3-2- Intensité du phénomène.....	31
2.2 - RESPONSABILITE DES COLLECTIVITES.....	3	3.3-3- Niveau d'aléa glissement de terrain retenu.....	31
2.3 - RESPONSABILITE DU CITOYEN.....	3	3.4 – CARTOGRAPHIE DES ALEAS MOUVEMENT DE TERRAIN ET DE LA SUSCEPIBILITÉ DE PRÉSENCE DE CAVITÉS NON VISIBLES.....	31
ELABORATION ET CONTENU DU P.P.R.M.T.....	4	4. CONCLUSION.....	32
1. OBJET ET CHAMP D'APPLICATION DU PPRMT.....	4	5. DETERMINATION DES ENJEUX.....	32
2. PROCEDURE D'ELABORATION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES MOUVEMENTS DE TERRAIN.....	4	5.1 - LES ESPACES URBANISÉS ET D'URBANISATION PROJETÉE.....	32
3. CONTENU DU PPRMT.....	5	5.2 - LES INFRASTRUCTURES ET LES ÉQUIPEMENTS PUBLICS.....	33
4. VALEUR JURIDIQUE DU PPRMT.....	5	5.3 - LES ESPACES NATURELS ET LES ESPACES NON DIRECTEMENT EXPOSÉ AUX RISQUES.....	33
PRÉSENTATION DE RUILLE SUR LOIR, PONCÉ SUR LE LOIR ET LAVENAY.....	6	TRADUCTION RÉGLEMENTAIRE.....	35
1. CONTEXTE DU SITE.....	6	1. OBJECTIFS ATTENDUS DE LA RÉGLEMENTATION.....	35
1.1 – CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOMORPHOLOGIQUE.....	6	2. DIFFÉRENTES ZONES RÉGLEMENTAIRES.....	35
1.2 – CONTEXTE HISTORIQUE.....	7	3. GRANDS PRINCIPES RÉGLEMENTAIRES.....	36
1.3 – CONTEXTE GÉOLOGIQUE.....	7	3.1 – LES ZONES ROUGES.....	36
2. COLLECTE DES DONNÉES ET ENQUÊTE DE TERRAIN.....	9	3.2 – LES ZONES BLEUES.....	36
2.1 – COLLECTE DES DONNÉES EXISTANTES.....	9	3.3 – LES MESURES RENDUES OBLIGATOIRES OU RECOMMANDEES.....	37
2.2 – DÉROULEMENT DE L'ENQUÊTE DE TERRAIN.....	10		
3. LES DIFFÉRENTES CAVITÉS.....	10		
3.1 – LES ÉLÉMENTS KARSTIQUES.....	10		
3.2 – LES CAVES.....	11		
3.3 – LES CARRIÈRES.....	11		
3.4 – LES PUITS ET MARNIÈRES.....	14		
3.5 – LES OUVRAGES MILITAIRES.....	14		
4. LES DIFFÉRENTS TYPES DE MOUVEMENTS DE TERRAIN.....	15		
4.1 - L'EFFONDREMENT LOCALISÉ.....	15		
4.2 - L'AFFAISSEMENT.....	16		
4.3 - LE FLUAGE OU GLISSEMENT.....	16		
4.4 – L'ÉBOULEMENT ET CHUTE DE BLOCS.....	16		
PLAN DE PRÉVENTION DU RISQUE MOUVEMENT DE TERRAIN : MÉTHODOLOGIE.....	19		
1. MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE.....	19		
1.1 - CARTE INFORMATIVE.....	19		
1.2 -CARTE DES ALÉAS.....	19		
1.3 - CARTE DES ENJEUX.....	19		
1.4 - PLAN DE ZONAGE RÉGLEMENTAIRE.....	19		
2. CARTE INFORMATIVE.....	19		
3. ÉVALUATION DES ALÉAS MOUVEMENTS DE TERRAIN.....	20		
3.1 - ALÉAS EFFONDREMENT LOCALISÉ ET AFFAISSEMENT.....	20		
3.1-1- L'aléa effondrement localisé lié aux puits.....	21		
3.1-2- Les aléas effondrement localisé et affaissement liés aux cavités visibles et repérables sur le terrain.....	21		
3.1-3- Les aléas effondrement localisé et affaissement liés aux cavités non visibles sur le terrain, à partir des indices de surface.....	23		

PREAMBULE

1. LES FONDEMENTS DE LA POLITIQUE DE L'ETAT EN MATIERE DE RISQUES NATURELS MAJEURS

1.1 - DEFINITION DU RISQUE

Le risque se définit par la rencontre d'un phénomène aléatoire (ou « aléa », en l'occurrence les mouvements de terrain) et d'un enjeu (vies humaines, biens matériels, activités, patrimoines) exposé à ce phénomène aléatoire.

Un risque « majeur » est un risque qui se caractérise par une probabilité faible et des conséquences graves. Le risque naturel majeur, qui fait plus particulièrement l'objet de la présente note, est le risque d'effondrement de cavités et du coteau.

Les textes fondateurs :

Plusieurs lois organisent la sécurité civile et la prévention des risques majeurs :

- la loi du 13 juillet 1982 modifiée, relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles ;
- la loi du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs ;
- la loi du 2 février 1995 dite « loi Barnier » relative au renforcement de la protection de l'environnement ;
- la loi du 30 juillet 2003, relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages ;
- la loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement.

La politique de l'État en matière de gestion des risques naturels majeurs a pour objectif d'assurer la sécurité des personnes et des biens dans les territoires exposés à ces risques. Cette politique repose sur 4 principes : l'information, la prévention, la protection et la prévision.

L'application de ces principes est également partagée avec les élus locaux et avec les citoyens (particuliers, maîtres d'œuvre). Ces derniers, en s'informant, peuvent, à leur niveau, mettre en œuvre des mesures de nature à prévenir ou à réduire les dommages.

1.2 - L'INFORMATION PREVENTIVE

L'information préventive a pour objectif d'informer et de responsabiliser le citoyen.

Chaque citoyen a droit à une information sur les risques auxquels il est exposé et sur les mesures de sauvegarde mises en œuvre ou susceptibles de l'être, par les différents acteurs, dont lui-même.

Cette information est donnée, d'une part, dans le cadre supracommunal (Dossier Départemental des Risques Majeurs – DDRM, atlas, cartographie des risques et Plan de Prévention des Risques Naturels – PPRN) et d'autre part, au niveau de la commune.

Pour chaque commune concernée par un ou plusieurs risques naturels, l'information des élus se fait au travers d'un dossier de Porter à Connaissance risque élaboré par l'État. Il appartient ensuite au maire d'informer ses administrés, au moyen du document d'information communal sur les risques majeurs – DICRIM.

L'article L.125-5 du code de l'environnement prévoit également que toute transaction immobilière, vente ou location, intéressant des biens situés dans une zone couverte par un PPRN prescrit ou approuvé devra s'accompagner d'une information sur l'existence de ces risques à l'attention de l'acquéreur ou du locataire.

1.3 - LA PREVENTION

La prévention vise à limiter les enjeux ou à construire de manière adaptée dans les zones soumises au phénomène naturel.

Elle repose :

- d'une part, sur la connaissance des phénomènes physiques (caractéristiques, localisation, étendue, effets probables,...), connaissance transcrite dans les atlas ou des bases de données et sur le recensement des enjeux présents dans les secteurs affectés par l'aléa.
- d'autre part sur la prise en compte du risque dans l'aménagement du territoire, au travers de l'élaboration de plans de prévention des risques ainsi que dans la construction au travers de techniques spécifiques.

1.4 - LA PROTECTION

La protection vise à limiter les conséquences du phénomène naturel sur les personnes et les biens.

Elle revêt trois formes :

- la réalisation de travaux de réduction de la vulnérabilité. Ces travaux concernent en priorité les sites et les lieux présentant des enjeux forts et notamment les milieux urbanisés. Ils peuvent concerner tout un secteur ou être plus limités à quelques parcelles notamment dans le cas des mouvements de terrain. Bien évidemment, ces travaux ne doivent pas avoir pour conséquence d'inciter à urbaniser davantage les espaces ainsi protégés.
- La mise en place de procédures d'alerte (prévision des crues par exemple ou encore dispositif de surveillance de cavités menacées de ruine) qui permettent de réduire les conséquences de la catastrophe par des mesures temporaires adaptées (évacuation des habitants, mise en sécurité des biens).
- La préparation de la gestion de la catastrophe et l'organisation prévisionnelle des secours : ce sont les plans de secours (plan ORSEC et plans de secours spécialisés) et le plan communal de sauvegarde – PCS établi par le maire, obligatoire dès lors qu'un PPR est approuvé.

1.5 - LA PREVISION OU SURVEILLANCE PREDICTIVE DU PHENOMENE NATUREL

Cette surveillance nécessite la mise en place de réseaux d'observation ou de mesures des paramètres caractérisant le phénomène, voire d'outils de modélisation du comportement de ce phénomène. Elle peut prendre la forme d'instrument de mesures pour jauger de l'évolution de phénomènes liés aux mouvements de terrain.

2. LA RESPONSABILITE DES DIFFERENTS ACTEURS EN MATIERE DE PREVENTION DU RISQUE

Dans l'application de la politique de gestion des risques naturels majeurs, dont les grands principes ont été précédemment rappelés, il convient de distinguer trois niveaux de responsabilités des principaux acteurs concernés, sachant que certaines de ces responsabilités peuvent être partagées :

2.1 - RESPONSABILITE DE L'ETAT

Un des premiers rôles de l'État est donc celui de l'information des élus et des citoyens à travers le DDRM, le PAC risques, ... mais également dans le cadre du Porter à Connaissance des documents d'urbanisme.

Cette information nécessite une connaissance préalable du risque au travers du recensement des événements (atlas), de l'analyse des phénomènes et de la qualification des aléas. Ces données sont traduites dans un document réglementaire ayant valeur de servitude d'utilité publique : c'est le PPR qui relève de la compétence de l'État et qui constitue la cheville ouvrière du dispositif de prévention.

L'État, en liaison avec les autres acteurs, assure par ailleurs la surveillance de certains phénomènes, l'alerte et l'organisation des plans de secours.

Exceptionnellement, le recours aux procédures d'expropriation peut être nécessaire si le déplacement des populations dont la vie serait menacée par un péril d'une particulière gravité se révèle être la seule solution à un coût acceptable.

2.2 - RESPONSABILITE DES COLLECTIVITES

Comme l'État, les maires ou responsables de structures intercommunales ont un devoir d'information de leurs administrés (DICRIM) à qui ils doivent faire connaître les risques.

L'article L.125-2 du code de l'environnement renforce le dispositif antérieur en précisant que « dans les communes sur le territoire desquelles a été prescrit ou approuvé un plan de prévention des risques naturels prévisibles, le maire informe la population au moins une fois tous les 2 ans, par des réunions publiques communales ou tout autre moyen approprié, sur les caractéristiques du ou des risques naturels connus dans la commune, les mesures de prévention et de sauvegarde possibles, les dispositions du plan, les modalités d'alerte, l'organisation des secours, les mesures prises par la

commune pour gérer le risque ainsi que sur les garanties prévues de l'article L.125-1 du code des assurances ».

Il convient également de souligner les dispositions de l'article L.563-6 du code de l'environnement qui incitent les communes ou leurs groupements compétents en matière de documents d'urbanisme à élaborer en tant que de besoin des cartes délimitant les sites où sont situées des cavités souterraines et des marnières susceptibles de provoquer l'effondrement du sol.

La maîtrise de l'occupation du sol et sa mise en cohérence avec les risques identifiés, à travers l'élaboration des PLU, font également partie de ce rôle de prévention. En outre, dans l'exercice de ses compétences en matière d'urbanisme, si celles-ci lui ont été transférées (POS et PLU approuvés), le maire conserve la possibilité de recourir à l'article R.111-2 du code de l'urbanisme relatif à la sécurité publique.

Les collectivités locales et territoriales peuvent aussi réaliser des travaux de protection des lieux habités et réduire ainsi la vulnérabilité, s'ils présentent un caractère d'intérêt général.

Enfin, les collectivités locales participent, sous l'autorité de l'État, à l'organisation des secours et au financement des services départementaux d'incendie et de secours.

Il est opportun de rappeler qu'en vertu du code général des collectivités locales, le maire peut avoir l'obligation de prendre les mesures nécessaires afin de prévenir les atteintes à la sécurité publique résultant de risques naturels, dans l'exercice de ses pouvoirs ordinaires de police.

L'État peut se substituer à lui en cas de carence.

2.3 - RESPONSABILITE DU CITOYEN

Le citoyen qui a connaissance d'un risque potentiel a le devoir d'en informer le maire.

Il a aussi le devoir de ne pas s'exposer sciemment à des risques naturels, en vérifiant notamment que les conditions de sécurité au regard de ces risques soient bien remplies, comme l'y incite le code civil.

C'est au propriétaire d'un terrain concerné par un risque que peut revenir la responsabilité des travaux de protection contre les risques des lieux habités.

Il convient de rappeler que la responsabilité des acteurs s'exerce dans les trois grands domaines du droit que sont : la responsabilité administrative, civile et pénale.

ELABORATION ET CONTENU DU P.P.R.M.T

1. OBJET ET CHAMP D'APPLICATION DU PPRMT

Selon les articles L.562-1 à L.562-9 et R.562-1 à R.562-10 du code de l'Environnement, l'État élabore et met en application des plans de prévention des risques naturels prévisibles engendrés par des phénomènes tels que les mouvements de terrain.

Le PPRMT a pour objet de :

- délimiter des zones exposées aux risques en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque,
- délimiter des zones qui ne sont pas directement exposées aux risques mais qui pourraient par leurs usages aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux,
- définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers.

Un PPRMT constitue une servitude d'utilité publique devant être respectée par les documents d'urbanisme et par les autorisations d'occupation des sols ; il doit être annexé au Plan Local d'Urbanisme selon l'article L.126-1 du code de l'urbanisme. Il a un effet rétroactif puisqu'il peut imposer des mesures aux constructions, ouvrages, biens et activités existant antérieurement à sa publication.

2. PROCEDURE D'ELABORATION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES MOUVEMENTS DE TERRAIN

Les articles R.562-1 à R.562-10 du code de l'environnement définissent la procédure d'élaboration des PPRMT :

- **Prescription de l'élaboration d'un PPR** par un arrêté préfectoral qui détermine le périmètre mis à l'étude et la nature des risques pris en compte. Cet arrêté désigne également le service déconcentré de l'État chargé d'instruire le projet. L'arrêté définit également les modalités de la concertation relative à l'élaboration du projet. Il est notifié au maire de la commune concernée et publié au recueil des actes administratifs de l'État dans le département.
- **Élaboration du projet** piloté par les services de l'État en étroite concertation avec les collectivités territoriales concernées par les risques.

- **Consultation officielle des collectivités locales et des organismes professionnels** : le PPRMT, sous forme de projet, est soumis au conseil municipal des communes concernées par le plan, ainsi que des établissements publics de coopération intercommunale compétents en matière de document d'urbanisme. S'il y a des enjeux agricoles concernés la chambre d'agriculture est également consultée. Tout avis qui n'est pas rendu dans un délai de deux mois est réputé favorable.
- **Enquête publique** : le projet de plan est soumis ensuite par le préfet à une enquête publique dans les formes prévues par les articles R.11-4 et R.11-14 du code de l'expropriation pour cause d'utilité publique.
- **Approbation par arrêté préfectoral** qui érige le PPRMT en servitude d'utilité publique : à l'issue des consultations, le plan, éventuellement modifié pour tenir compte des avis recueillis, est approuvé par arrêté préfectoral. Une copie de l'arrêté est affichée en mairie pendant un mois minimum et une publicité est faite par voie de presse locale afin d'informer les populations concernées.
- **Annexion du PPRMT au Plan Local d'Urbanisme (PLU)** ou tout autre document d'urbanisme. Le PPR approuvé vaut servitude d'utilité publique au titre de l'article 40-4 de la loi du 22 juillet 1987 modifié par la loi du 2 février 1995. Il doit donc être annexé au PLU en application des articles L.126-1 et R.123-24-4 du code de l'urbanisme par l'autorité responsable de la réalisation du PLU (maire ou président de l'établissement public compétent). A défaut, l'article L.126-1 du code de l'urbanisme fait obligation au préfet de mettre en demeure cette autorité d'annexer le PPRMT au PLU et si cette injonction n'est pas suivie d'effet de procéder d'office à l'annexion. Il est ensuite souhaitable que les dispositions du PLU soient mises en conformité avec le PPRMT lorsque ces documents divergent pour rendre cohérentes les règles d'occupation du sol.

Un PPRMT peut être révisé selon la même procédure.

Le schéma en page suivante illustre cette procédure.

Phase préparatoire: projet d'arrêté préfectoral et modalités de la concertation

C
O
N
C
E
R
T
A
T
I
O
N

Prescription du PPRMT par arrêté préfectoral
du 08/10/2012

✕

Études du PPRMT :

✕

études des Aléas + étude des enjeux

=

Zonage Réglementaire

✕

Projet de PPRMT

✕

**Consultation officielle
des conseils municipaux et des services
du 13/02/2015 au 23/05/2015**

✕

**Enquête publique
du 07/06/2016 au 09/07/2016**

✕

Approbation du PPRMT par arrêté préfectoral

✕

Annexion au Plan Local d'Urbanisme

3. CONTENU DU PPRMT

Le contenu du plan de prévention des risques est précisé par l'article R.562-3 du code de l'environnement.

Le dossier doit comprendre :

- **une note de présentation** qui indique le secteur géographique concerné, la nature des phénomènes naturels pris en compte et leurs conséquences possibles, compte tenu de l'état des connaissances. Ce document justifie le zonage ainsi que les prescriptions du PPR et explique les motivations de l'élaboration du PPRMT,
- **des documents cartographiques** qui délimitent les zones exposées aux risques pris en compte en distinguant plusieurs niveaux d'aléa et identifiant les zones à enjeux urbanistiques ou patrimoniaux,
- **un règlement** qui définit, pour les zones exposées :
 - les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans la zone exposée,
 - les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde à prendre par les collectivités et/ou les particuliers, ainsi que celles relatives à l'aménagement, à l'utilisation ou à l'exploitation des constructions, des ouvrages et des espaces plantés. Le règlement mentionne les mesures dont la mise en œuvre est obligatoire et le délai fixé pour celle-ci.

Il peut comprendre des annexes qui n'ont pas de valeur réglementaire et qui peuvent être constituées par des cartes ou divers documents renseignant sur le cadre réglementaire de la démarche, les événements passés, la géologie du site, les aléas (nature, évaluation, localisation...).

4. VALEUR JURIDIQUE DU PPRMT

Le présent PPRMT vaut servitude d'utilité publique en application de l'article 16 de la loi du 2 février 1995.

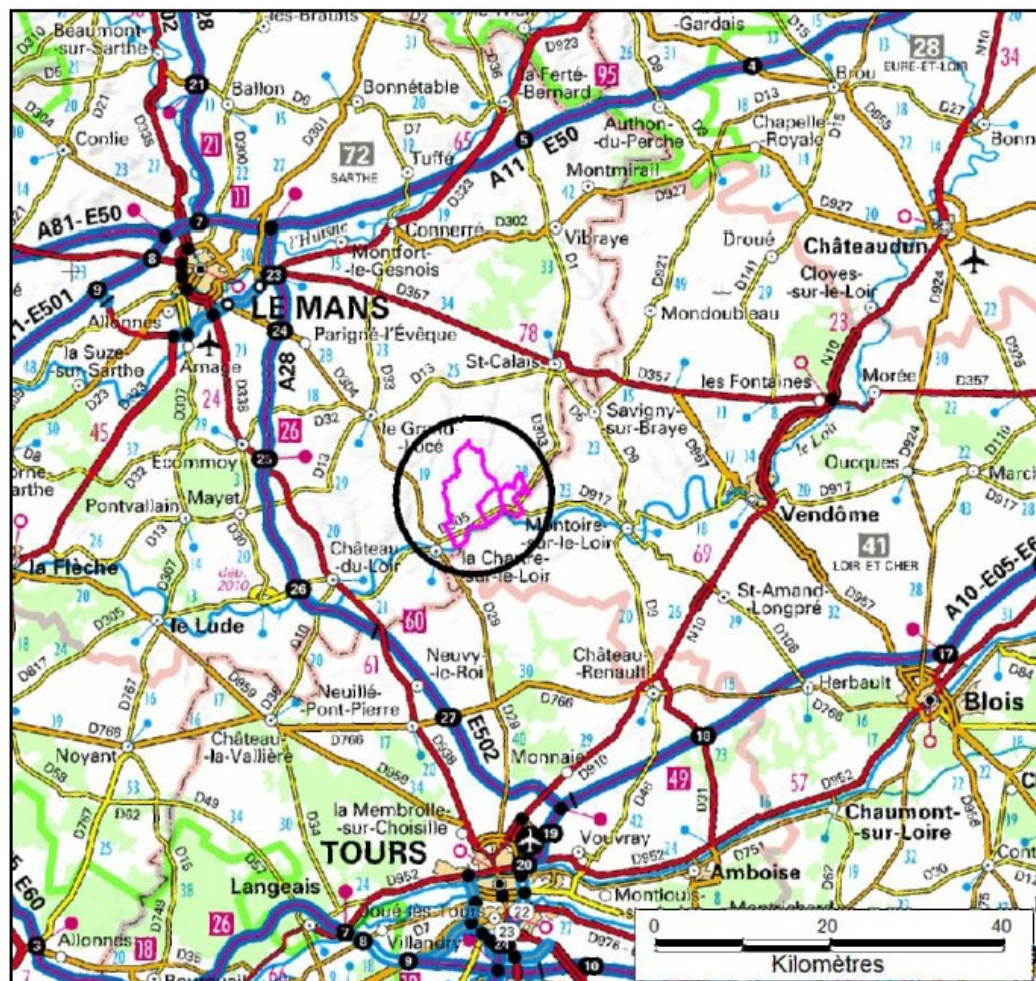
Le non-respect des prescriptions du plan de prévention des risques est puni par des peines prévues à l'article L.480-4 du code de l'urbanisme.

PRÉSENTATION DE RUILLE SUR LOIR, PONCÉ SUR LE LOIR ET LAVENAY

1. CONTEXTE DU SITE

1.1 – CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOMORPHOLOGIQUE

Situées à l'extrémité sud-est de la Sarthe, à distance presque égale du Mans et de Tours (voir Illustration 1), les communes de Lavenay, Ponce-sur-le-Loir et Ruillé-sur-Loir représentent 54 km², dont près des trois quarts pour la seule commune de Ruillé-sur-Loir (voir Illustration 2). La population des trois communes est de 1921 habitants, avec toutefois des écarts de densité. Ainsi Ruillé-sur-Loir, qui est beaucoup plus étendue que les deux autres communes sur le plateau, a une densité de population plus faible (la population étant concentrée dans la vallée jusqu'aux bordures de coteaux).



1.2 – CONTEXTE HISTORIQUE

Le tuffeau de la carrière de la Volonière à Poncé-sur-le-Loir a été très exploité sous forme de pierre de taille, jusque vers le milieu du XX^{ème} siècle, pour la construction. En résulte un vaste réseau de plusieurs kilomètres de galeries, qui depuis ont été utilisées en tant que champignonnière, puis abandonnées (hormis une utilisation réduite en tant que cave par des producteurs viticoles). D'autres carrières ont pu être exploitées sur de plus ou moins longues périodes.

Vraisemblablement, les plus anciennes caves ont aussi fourni des pierres de taille, lors de leur excavation. Les caves les plus récentes ont été ou bien excavées dans le tuffeau, sans objectif pour les matériaux extraits, ou bien réalisées par tranchées couvertes.

Un nombre important de marnières – non datées – ont pu être creusées dans le tuffeau à partir du plateau. Les marnières étaient utilisées localement pour se procurer de la craie pour amender les champs. Trop anciennes pour rester dans les mémoires collective et individuelle, on ne connaît que celles dont le puits est encore visible et celles qui ont provoqué un mouvement de terrain ; on ne connaît pas la géométrie de ces excavations.

L'emprise des forêts, des étangs et des champs a évolué jusqu'à récemment, rendant difficile le lien entre l'emplacement des marnières et l'occupation des terres actuelle. De même, le parcellement cadastral a fortement évolué par endroits (voir Illustration 3), ce qui rend plus complexe le lien entre la densité de marnières et la division parcellaire.

Les haies et les bocages ont progressivement disparu, modifiant l'écoulement et l'infiltration des eaux météoriques.

1.3 – CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Les renseignements suivants sont issus de la carte géologique au 1/50 000 et de sa notice (Illustration 4: feuille La Chartre-sur-le-Loir (394), 2004), et des observations de terrain.

Au niveau du contexte régional, la zone d'étude se situe dans la bordure ouest du bassin parisien, dans des terrains du Crétacé.

Les principales formations affleurantes sont :

- les alluvions, anciennes (différents niveaux de terrasse du Loir) ou récentes ;
- différents étages du Crétacé supérieur (Cénomaniens, Turonien, Coniacien et Santonien) ;
- les produits d'altération des roches du Crétacé supérieur (argiles et sables à silex) ;
- les limons des plateaux (quelques décimètres à quelques mètres recouvrant partiellement les argiles à silex).

Les terrains du Crétacé supérieur sont principalement constitués de craie, de calcaire et de marnes. On peut aussi noter la présence de sable dans le Cénomaniens au niveau des Sables du Perche. Ce niveau constitue par endroit un bon aquifère, que l'on trouve de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres sous la surface dans le fond de la vallée du Loir, et plus haut dans la vallée du Tusson (jusqu'au niveau de l'ancienne sablonnière près du lieu-dit les Sablons, sur la commune de la Chapelle-Gauguin), du fait d'une faille (dont le jeu vertical est de l'ordre de 30 à 40 m).

Les roches carbonatées du Crétacé supérieur peuvent être sensibles à la dissolution, et il est donc possible de trouver des réseaux karstiques dans les niveaux présentant cette lithologie. Le rôle de la circulation de l'eau dans la mise en place de ces réseaux karstiques rend leur présence dépendante de l'organisation des niveaux perméables et imperméables, et de la fracturation.

L'altération de la craie (décalcification en particulier) s'est accentuée au Paléocène dans un contexte forestier tropical. Par lessivage, sur les plateaux, le sol a été progressivement décarbonaté, laissant en place des sables et argiles à silex que l'on trouve actuellement sur le plateau. Une épaisseur de 150 m au moins a ainsi été partiellement dissoute.

Le Quaternaire est marqué par l'incision des vallées qui ne conservent que peu d'alluvions anciennes et par une accumulation limoneuse sur les plateaux, à laquelle s'adjoint un fluage des matériaux fins sur les versants.

Les niveaux situés sous le Crétacé supérieur sont constitués de quelques mètres de marne imperméable (Marnes de Bouffry, servant de base à l'aquifère des Sables du Perche), de sables (niveau aquifère des Sables du Maine), de conglomérats, puis de sables et argiles (ensemble formant les Marnes de Ballon). Ces roches ne semblent pas présenter de sensibilité à la dissolution : il n'est donc pas attendu de réseaux karstiques dans ces niveaux.



Illustration 3: Différence de parcellement entre la situation d'il y a 60 ans (à gauche : 1949) et la situation actuelle (à droite : 2010 ; BD ORTHO® - © IGN 2010)

La structuration tectonique est difficile à mettre en évidence sur le terrain, en raison de l'âge des mouvements tectoniques (tectonique compressive du Crétacé supérieur et tectonique faillée paléocène et post-yprésienne – l'essentiel du rejet des failles étant d'âge paléocène) et de la dissimulation du Crétacé par les altérites, la couverture limoneuse récente et les formations de versant. Elle a été étudiée à partir des éléments de la Banque de données du sous-sol (BSS) par les auteurs de la carte géologique ; les résultats sont présentés dans le schéma structural et dans les figurés correspondants sur la carte géologique. L'élément le plus marquant concernant l'étude est la faille parallèle au Tusson, un peu au Sud de celui-ci, qui a soulevé les terrains du Nord du Tusson, dont le bourg de Lavenay, amenant ainsi les sables du Perche à la surface.

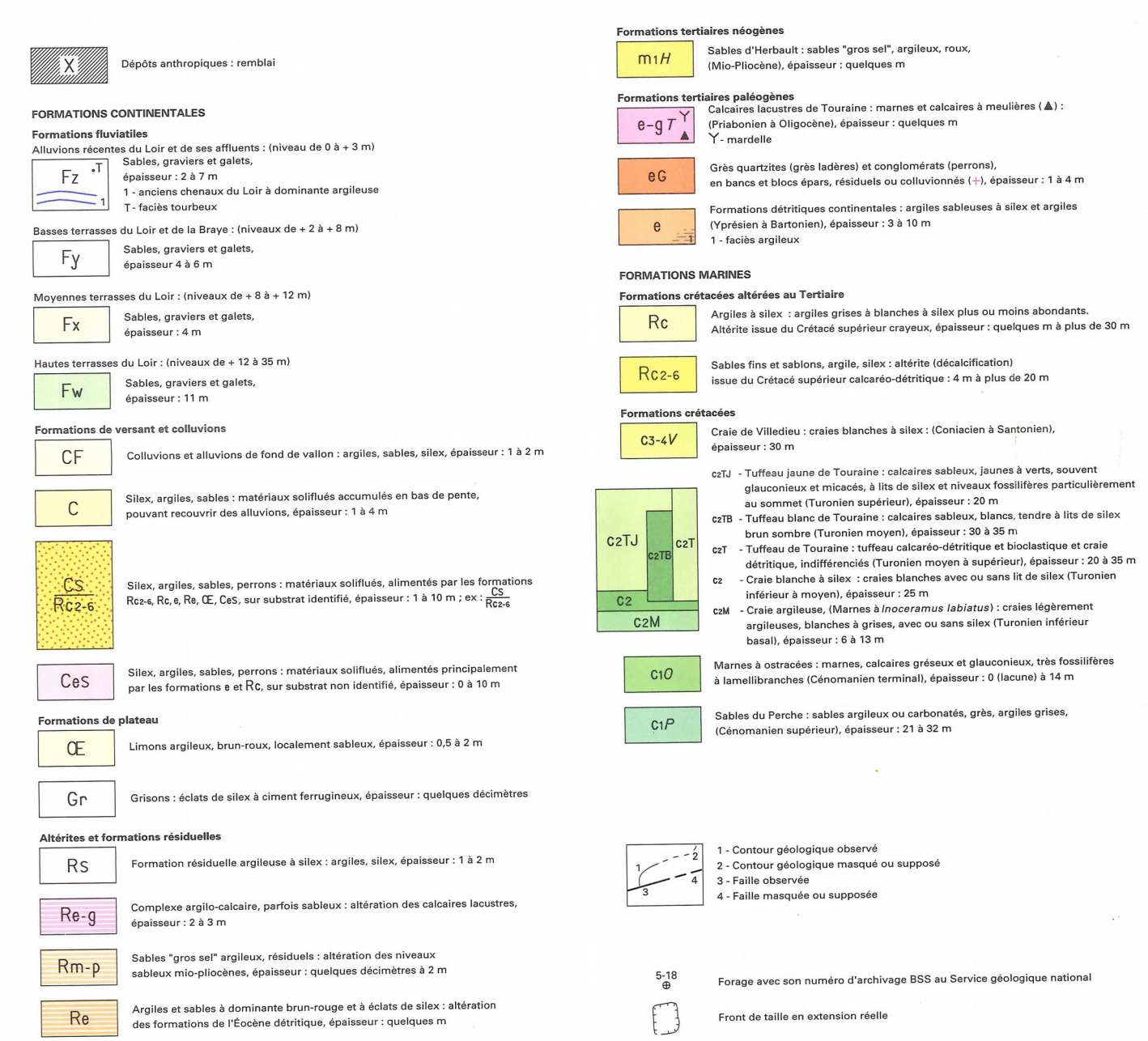


Illustration 4 : Sur la double-page : extrait de la carte géologique au 1/50 000, redimensionné au 1/80 000, et la légende associée (feuille La Chartre-sur-le-Loir (394), 2004) ; traits roses : limites des communes étudiées



2. COLLECTE DES DONNÉES ET ENQUÊTE DE TERRAIN

2.1 – COLLECTE DES DONNÉES EXISTANTES

Les données suivantes ont été recueillies au cours de la phase informative :

- l'atlas départemental des risques de mouvements de terrain en Sarthe, réalisé par le CETE en 1990 ;
- la réactualisation de l'atlas départemental des risques de mouvements de terrain en Sarthe, par le CETE en 2005-2006 ;
- l'inventaire départemental des cavités souterraines de la Sarthe réalisé par le BRGM en 2004 ;
- l'inventaire départemental des mouvements de terrain de la Sarthe réalisé par le BRGM en 2007.

Les trois mairies ont été contactées pour vérifier le contenu des archives communales. Toutes ont répondu qu'il n'existait pas dans ces archives d'information plus précise que celle des inventaires départementaux.

La description du contenu des archives départementales a été consultée en ligne, et ces archives n'ont pas été estimées comme une source potentielle d'éléments d'intérêt. Le cadastre et les plans terriers, consultables en ligne, ont toutefois été étudiés.

Dans la documentation du BRGM, en dehors de la carte géologique et de sa notice, ainsi que des inventaires cités ci-dessus, seuls ont été retrouvés deux documents apportant des informations pour la présente étude :

- l'étude des alluvions du Loir par J.-P. Clément (1974), apportant des informations de géologie générale du site ;
- l'avis sur les inondations consécutives aux pluies du 13 mars 2001 à Ruillé-sur-Loir par P. Corbier (2001).

Le cadastre des trois communes a été consulté sur Internet¹, et les caves qui y sont représentées ont été cartographiées.

La carte IGN au 1/25 000 a été scrutée, à la recherche d'éléments en lien avec l'étude. Deux sources sont indiquées (l'une à proximité de la Tesserie, sur la commune de Ruillé-sur-Loir, l'autre au lieu-dit Vallée de la Flotte, dans la commune de Lavenay). Un certain nombre de caves sont aussi indiquées sur cette carte.

Les photographies aériennes et satellite ont été scrutées à la recherche d'indices de mouvement de terrain ou de cavité :

- l'orthophotographie de l'IGN (BD ORTHO®) de 2010 : ensemble des trois communes ;
- sur Géoportail (date non précisée ; sur la majorité de la surface étudiée, l'image correspond à l'orthophotographie de la BD ORTHO® de 2010) ;

¹<http://www.cadastre.gouv.fr>

- photographies aériennes téléchargées à partir de Géoportail :

- année 1949 :
 - C1820-0041_1949_F1820-2120_0105,
 - C1820-0041_1949_F1820-2120_0106,
 - C1820-0041_1949_F1820-2120_0107,
 - C1820-0041_1949_F1820-2120_0239,
 - C1820-0041_1949_F1820-2120_0241,
 - C1820-0041_1949_F1820-2120_0242,
 - C1820-0041_1949_F1820-2120_0243,
 - C1820-0041_1949_F1820-2120_0244,
 - C1820-0041_1949_F1820-2120_0245,
- année 1957 :
 - C1820-0021_1957_F1720-1920_0119,
 - C1820-0021_1957_F1720-1920_0243,
 - C1820-0021_1957_F1720-1920_0244,
- année 1963 :
 - C1820-0131_1963_CDP3931_0602,
- année 1966 :
 - C94PHQ4941_1966_FR1158_0310,
 - C94PHQ4941_1966_FR1158_0313,
- année 1969 :
 - C1820-0031_1969_F1819-1820_0012,
 - C1820-0031_1969_F1819-1820_0013,
 - C1820-0031_1969_F1819-1820_0019,
 - C1820-0031_1969_F1819-1820_0020,
- année 1971 :
 - C1820-0061_1971_F1820_0015,
 - C1820-0061_1971_F1820_0016,
 - C1920-0151_1971_CDP6466_5212,
 - C1920-0151_1971_CDP6466_5213,
 - C1920-0151_1971_CDP6466_5229,
 - C1920-0151_1971_CDP6466_5230,
 - C1920-0151_1971_CDP6466_5231,
- année 1976 :
 - C1820-0071_1976_F1820-2020_0056,
 - C1820-0071_1976_F1820-2020_0074,
 - C1820-0071_1976_F1820-2020_0075,
 - C1820-0071_1976_F1820-2020_0076 ;

- par Google Earth (images NASA, IGN, GeoEye) :
 - o année 2002 : la vallée, le coteau et le plateau à proximité du coteau sur les trois communes,
 - o année 2005 : l'ensemble des trois communes,
 - o année 2008 : le coteau entre les Basses Touches (Ruillé-sur-Loir) et les Ecluses (Poncé-sur-le-Loir) et la presque totalité de la commune de Lavenay,
 - o année 2009 : l'image GeoEye ne couvre qu'une petite partie de Ruillé-sur-Loir, presque entièrement hors du coteau et des zones affectées par la présence de cavités.

Une analyse stéréoscopique a été effectuée à partir des images C1820-0041_1949_F1820-2120_0105 à C1820-0041_1949_F1820-2120_0107. Un élément de suspicion (carrière ? glissement ?), marqué par ailleurs sur le Scan25 (© IGN), a été mis en évidence à 40 m de la limite Nord-Ouest de Lavenay, sous la sablonnière de la Chapelle-Gaugain, à environ 500 à l'Ouest-Nord-Ouest du glissement de terrain observé pendant l'enquête de terrain (voir paragraphe 4.3).

2.2 – DÉROULEMENT DE L'ENQUÊTE DE TERRAIN

L'enquête de terrain s'est déroulée entre les mois de février et mars 2013. Elle a été complétée par une visite de carrière souterraine (à Poncé-sur-le-Loir) en juin 2013.

Préalablement à l'enquête de terrain, les habitants ont été informés de l'étude par une réunion publique dans les trois communes, et ils ont été avertis de l'enquête de terrain par un courrier communal. Certaines personnes potentiellement détentrices d'informations ont été jointes par téléphone par la mairie ou par le BRGM, puis rencontrées.

Dans un premier temps, l'enquête de terrain a été guidée par les informations recueillies grâce aux sources précédentes (CETE, BRGM). Ceci a permis de localiser précisément, à l'aide d'un GPS ou des orthophotographies, les positions des cavités et d'en faire une description plus précise. A chaque fois que cela a été possible et jugé utile, des photographies ont été prises.

Des discussions avec des habitants ont permis de localiser de nombreux mouvements de terrain qui n'avaient pas encore été recensés, et de mieux localiser les mouvements de terrain déjà recensés.

Certaines observations n'ont pas pu être réalisées car les cavités sont souvent closes (avec porte bâchée masquant l'intérieur) et les propriétaires difficiles à identifier et à contacter. Cependant, il n'a pas été jugé capital de visiter exhaustivement l'ensemble des cavités : les observations effectuées permettent d'estimer le contexte général de manière suffisamment précise ; il n'était donc pas pertinent d'utiliser une grande partie du temps de l'enquête à rechercher chaque propriétaire de cave. Dans certains cas, la description est basée sur les souvenirs de personnes, sur les connaissances des propriétaires des cavités voisines, etc. En particulier, la localisation des cavités aux dimensions « hors norme » est basée sur les témoignages. Les données ont été classées en fonction de leur précision de positionnement et de leur fiabilité.

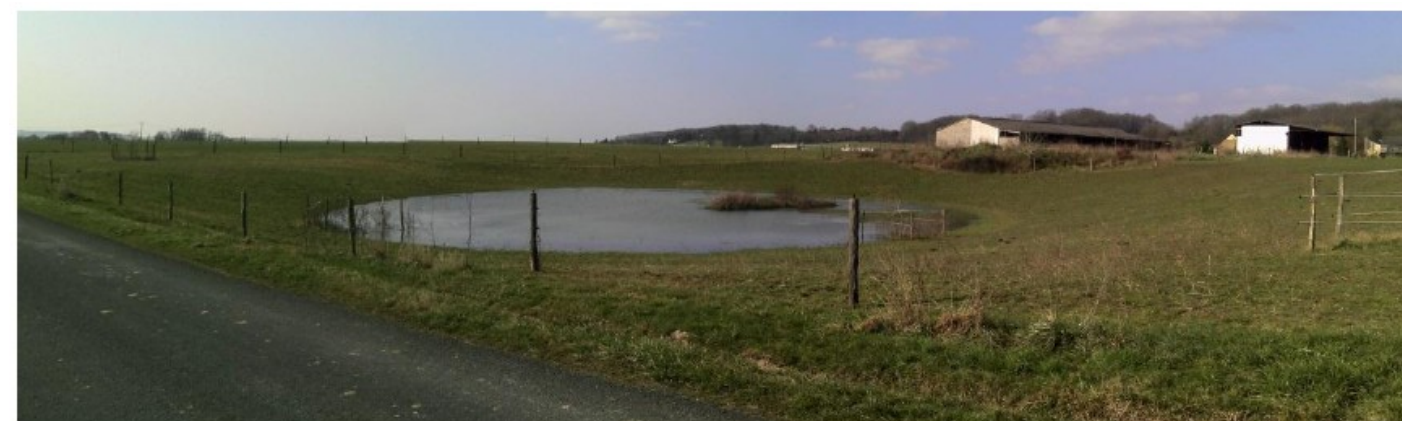
Quelques zones de désordre avéré ou de suspicion de désordre ont été localisées lorsque des observations d'effondrement, d'affaissement ou de glissement de terrain ont été faites lors de l'enquête terrain.

3. LES DIFFÉRENTES CAVITÉS

3.1 – LES ÉLÉMENTS KARSTIQUES

Deux dolines² suspectées, deux sources et une résurgence sur une falaise, et une circulation d'eau souterraine ont été recensées. Sur les 57 effondrements recensés, seul 1 est clairement rattaché à une cavité connue (une cave); les 56 autres effondrements peuvent être dus à des cavités karstiques (ou bien à des cavités anthropiques). Les observations sont situées sur la haute terrasse du Loir et sur le plateau, toutes au-dessus du Turonien moyen ; la résurgence sur falaise se situe dans le Turonien.

Une doline a été observée au lieu-dit la Tesserie (Ruillé-sur-Loir), de 70 m de diamètre environ, dont une partie centrale de 35 m de diamètre remplie d'eau (voir photographie 1). La présence d'eau semble permanente, d'après l'étude des photographies aériennes anciennes (voir paragraphe 2.1), et en particulier celles de 1976, année de très faible pluviométrie, ce qui implique une faible vitesse d'infiltration.



Photographie 1: Doline au lieu-dit la Tesserie (commune de Ruillé-sur-Loir) (DoI01) © BRGM - Romain Cochery

La nature de la fosse au lieu-dit Fosse Garnier n'est pas certaine. De par sa forme circulaire, il pourrait aussi s'agir d'une doline. Sa présence est attestée au XVIII^{ème} siècle par un plan terrier.

Sur les parois d'affleurement du tuffeau entre les coteaux et les écluses, il n'a pas été observé de trace d'une karstification, même ancienne. Toutefois, dans ce secteur, un ruissellement a été entendu au niveau de l'entrée d'une cave (Cav11).

Les deux sources indiquées sur la carte IGN au 1/25 000 (à la Vallée de la Flotte et au nord-est de la Tesserie) ont été visitées sur le terrain, sans que cela n'apporte davantage de précision. Il est intéressant de remarquer que ces deux sources, séparées de 4,5 km, sont situées approximativement à la même altitude (environ 90 m NGF).

²Une doline est une dépression circulaire due à l'effondrement d'une cavité karstique.

Une circulation d'eau souterraine importante (« rivière souterraine ») a été rapportée au fond d'une marnière à la Maison neuve (commune de Lavenay, voir paragraphe 3.4). L'arrivée d'eau serait survenue pendant l'exploitation de la marnière, et serait à l'origine de l'abandon de celle-ci. L'eau est située à 45 m de profondeur (mesure par le propriétaire). D'après le Scan25 (© IGN), la cote en surface est d'environ 130 m NGF, donc la cote de la surface de l'eau est d'environ 85 m NGF. La source de la Vallée de la Flotte, située entre les cotes 85 m et 90 m, à 450 m de la Maison neuve pourrait ainsi être alimentée par cette circulation d'eau souterraine.

Les différents effondrements localisés observés sur le terrain peuvent être en partie d'origine karstique. Ils sont présentés dans le paragraphe 4.1.

3.2 – LES CAVES

Les entrées de cave sont nombreuses sur les versants abrupts, qu'elles soient excavées à même un affleurement préexistant ou bien qu'elles aient fait l'objet d'un aménagement du versant (par exemple, une tranchée d'accès). Les entrées sont le plus fréquemment maçonnées (voir photographie 2). Souvent, elles sont situées au niveau de la route ou du chemin ; parfois, elles sont situées plus haut, et l'on peut aussi en trouver sur plusieurs niveaux. Ces entrées de caves peuvent donner sur des galeries et/ou des salles. Creusées dans le rocher, les galeries et les salles ne sont en général pas maçonnées ; lorsqu'elles le sont, d'après les témoignages, ce n'est souvent que partiellement, sur un tronçon ayant montré des signes de faiblesse (fracture ouverte, chute de petits blocs, etc.).



Photographie 2: Un groupe de caves dont l'entrée a vraisemblablement fait l'objet d'un terrassement et d'un renforcement en maçonnerie à Poncé-sur-le-Loir © BRGM - Romain Cochery

Un autre type de cave se trouve sur des versants moins inclinés. Les caves de ce type ont été conçues selon la méthode de la tranchée couverte : une tranchée est creusée sur la longueur prévue de la cave, puis une voûte maçonnée est mise en place au-dessus de la cave, et de la terre couvre finalement le tout. L'ensemble est généralement plus haut que le niveau initial du terrain : l'emprise de la cave est visible en surface car matérialisée par un talus (voir photographie 3).



Photographie 3 : Cave conçue en tranchée couverte (pointillés : limites de la cave ; trait plein : terrain naturel) © BRGM - Romain Cochery

Quel que soit le type de cave (creusée dans le rocher ou en tranchée couverte), la géométrie la plus fréquente est une galerie de 6 à 20 m de longueur, et de 2 à 4 m de largeur pour 2,5 à 3 m de hauteur. Pour les caves creusées dans le rocher, la présence d'une salle n'est pas rare ; dans ce cas, la salle est plus ou moins carrée, de 4 à 8 m de côté, à proximité de l'entrée. Dans les secteurs où les salles sont fréquentes, elles communiquent souvent entre elles. L'épaisseur des voiles (rocher séparant deux salles) peut alors être limitée, jusqu'à environ 50 cm. Quelques caves sont nettement plus longues (50 m voire plus).

Les caves appartiennent aujourd'hui à des particuliers et servent de lieu de stockage. La plupart d'entre elles peuvent être visitées.

3.3 – LES CARRIÈRES

Trois carrières ont été recensées, mais seulement une a pu être localisée et son emprise estimée. Celle-ci, la carrière de la Volonière, est accessible par plusieurs entrées, sur plusieurs propriétés.

- **Carrière de la Volonière (Poncé)**

La plus grande carrière, dite carrière de la Volonière, possède plusieurs entrées (au moins 4), entre le bourg de Poncé-sur-le-Loir et le lieu-dit la Tendrière. Seul un plan sommaire très lacunaire – il ne mentionne que quelques galeries principales pour les champignonnistes – et un plan détaillé (réalisé par géomètre ?) d'une partie de la carrière ont été retrouvés. Selon certains l'extension de l'ancienne carrière irait presque jusqu'au château du Gatz (à Ruillé-sur-Loir). Un témoignage mentionne une entrée au domaine des Gauletteries. Avec certitude, il est possible d'affirmer que son extension va au moins jusqu'au lieu-dit les Chaudières (commune de Ruillé-sur-Loir), une cheminée d'aération étant visible en surface à cet endroit. Au total, 5 cheminées d'aération ont été retrouvées, dont 4 matérialisées par un ouvrage en surface de plusieurs mètres de hauteur (voir photographie 4), et une matérialisée par une dalle (compte-tenu de cette dalle, cette cheminée fait environ 1 m de diamètre). 4 de ces cheminées sont visibles sur l'orthophoto, la dernière étant masquée par le couvert végétal.



Photographie 4: Les cheminées d'aération de la carrière de la Volonière matérialisées par des ouvrages en surface © BRGM - Romain Cochery

La visite au fond de la carrière de la Volonière, à partir de l'entrée située sur le domaine de la Volonière, a permis d'avoir des informations sur la géométrie des vides (hauteur des vides, défruitement, portée du toit, largeur des piliers), sur l'état des piliers, des parements, du toit et de la sole, et des informations de géologie de l'ingénieur (épaisseur des couches, nature des matériaux). Cette visite a aussi permis de confirmer les présomptions sur l'étendue de la carrière, même si une délimitation précise et exhaustive de cette étendue n'est pas possible suite à ce travail (seule une petite partie de la carrière a été visitée, et le levé n'a pas été fait ; la distance indiquée par le topofil a donné une idée de l'étendue de la zone visitée).

La largeur des piliers (de l'ordre de la dizaine de mètres) est telle que la répartition des charges se rapproche d'une situation de galerie isolée. La différence notable avec des galeries isolées est la présence assez fréquente de croisements, point sensible en matière de stabilité (du fait d'une plus grande portée et d'une reprise des charges plus concentrée). Dans les zones où l'exploitation a laissé des vides plus larges et des piliers plus étroits, les vides ont été remblayés par hagues et bourrage (photographie 6). À un endroit, le toit d'une galerie un peu plus large que les autres a été soutenu par des étais ; ceux-ci sont maintenant très dégradés (photographie 9), et ne soutiennent donc plus le toit. Malgré cela, le toit ne présente aucune instabilité visible (pas de fléchissement, de fractures etc.).

Dans la plus grande partie de la carrière, l'exploitation a façonné des galeries au carré, et les vides ne montrent aucun signe d'instabilité. La largeur des vides est de l'ordre de 5 m ; ainsi, entre les parois et les piliers, le toit supporte une portée relativement importante. La hauteur des vides est de l'ordre de 2 m ; dans de grandes zones, la hauteur est même inférieure, atteignant environ 1,5 m (photographie 5). Il faut noter que les dimensions actuelles des vides sont dues non seulement à l'exploitation de la carrière (jusqu'en 1955/1956), mais aussi à l'adaptation des ouvrages qui a ensuite été faite par les champignonnistes, en particulier une diminution des dimensions des piliers pour disposer de l'espace nécessaire à la circulation des machines. Ce remaniement des piliers aurait été à l'origine d'une chute de toit ayant causé 3 décès parmi les employés de la champignonnière il y a une trentaine ou une quarantaine d'années.



Photographie 5 : Géométrie des vides dans la carrière de la Volonière (hauteur 1,5 m et largeur 5 m environ) – noter la personne au fond © BRGM – Pierre Conil



Photographie 6 : Hagues et bourrage de part et d'autre d'un pilier dans la carrière de la Volonière © BRGM – Pierre Conil

À proximité de la surface, sous le coteau, la situation est très différente. Les racines des plantes en surface sont visibles au fond (photographie 7), ce qui s'accompagne par de nombreux signes d'instabilité. La géométrie de l'exploitation y est irrégulière : les galeries sont tortueuses, on trouve dans cette zone des chambres aux formes variées et la plupart sont partiellement éboulées (photographie 8).



Photographie 7 : Racines atteignant le vide dans la carrière de la Volonière © BRGM – Pierre Conil

Dans l'ensemble de la carrière, le massif est constitué de tuffeau, blanc et/ou jaune suivant les endroits, avec une prédominance du tuffeau blanc (vraisemblablement plus exploité pour des raisons esthétiques). Il n'a pas été observé de meilleure tenue des parois, des piliers, du ciel ou du mur, ni au contraire davantage de désordres selon la couleur du tuffeau. Aucune interface entre bancs n'est présente sur la hauteur des parois ; même le changement de couleur du tuffeau ne semble pas être une interface aux propriétés mécaniques type joint de stratification. Dans les zones éboulées à proximité de la surface, aucun banc ou couche n'est visible dans les zones d'arrachement au toit ; les blocs tombés dans cette zone semblent délimités uniquement par les fractures dans lesquelles des racines sont présentes.



Photographie 8 : Chambre éboulée à proximité de la surface dans la carrière de la Volonière – noter l'étai au milieu de la photographie © BRGM – Pierre Conil

Il a été retenu deux zones pour les chantiers :

- l'une dans laquelle il est quasi-certain de se trouver à l'aplomb des chantiers (enveloppe convexe des cheminées d'aération visibles en surface, tracé depuis les entrées visibles au niveau du coteau, zone cartographiée dans le plan détaillé retrouvé) ;
- la deuxième dans laquelle la même condition est probable (étendue en distance maximale à l'affleurement donnée par un plan sommaire recueilli, étendue dans la direction parallèle au coteau limitée par les entrées connues du réseau de galeries).

Pour le tracé de l'emprise de la carrière, il a été supposé que les galeries d'accès à la carrière entrent perpendiculairement à l'affleurement dans le massif, de manière rectiligne jusqu'à la zone de chantier.

3.4 – LES PUIITS ET MARNIÈRES

Les anciennes marnières – exploitations de craie ou tuffeau à objectif agricole (chaulage des champs) réalisées à partir de puits – ne sont généralement plus visibles et sont souvent oubliées, et dans ce cas, elles ne sont localisées qu'à partir des effondrements. Deux puits ouverts ont été identifiés par des habitants comme de probables marnières : l'un dans les bois proches de la Botterie (commune de Lavenay) et l'autre à la Maison Neuve (commune de Lavenay). Dans les deux cas, le diamètre du puits est de l'ordre de 1,2 m. Dans le premier puits (voir photographie 10), des détritits sont visibles à 5 m de profondeur ; la profondeur totale du puits n'a pas été déterminée, l'épaisseur des détritits n'étant pas connue, et ne sachant pas si ces détritits reposent sur le fond du puits, sur des remblais ou s'ils flottent sur l'eau. Dans le second puits, déjà présenté au paragraphe 3.1, le propriétaire a mesuré l'eau à 45 m de profondeur ; la profondeur totale du puits n'est également pas connue. Une grande salle aurait été creusée au fond de ce puits, assez grande pour permettre à un cheval et un tombereau de tourner.



Photographie 10 : Puits dans les bois proches de la Botteri (Pts06) © BRGM - Romain Cochery

3.5 – LES OUVRAGES MILITAIRES

De nombreux témoignages mentionnent des souterrains reliant des châteaux entre eux ou un château et un lieu-dit. Aucune observation de terrain n'a pu valider ou infirmer ces témoignages. Les souterrains mentionnés seraient situés ou bien sous le Loir ou bien sous le plateau (par exemple entre le château de la Flotte – commune de Lavenay – et le château de la Chênuère – commune de Ruillé-sur-Loir –, ou entre le château de la Flotte et des ruines près du Gué breton – commune de Lavenay).



Photographie 9 : Galerie large avec des étais en bois si endommagés qu'ils ne soutiennent sans doute plus le toit, carrière de la Volonière © BRGM – Pierre Conil

- **Carrière au Nord-Est de Poncé**

Une seconde carrière pourrait être située au Nord-Est de Poncé-sur-le-Loir. L'information n'a pas pu être validée, ni par des témoignages établis avec certitude, ni par les visites réalisées dans les cavités du secteur. Cependant, un témoignage confirme qu'une ancienne champignonnière de dimension réduite était localisée dans ce secteur (mais il n'a pas été possible de savoir à quel endroit se situe l'entrée de cette cavité). Ainsi, cette carrière n'a pas pu être localisée et il faut retenir qu'il existe, parmi les caves cartographiées, au moins une qui aurait des dimensions inhabituelles pour une cave.

- **Carrière potentielle vers la Maillardière**

Une entrée de galerie avec présence de rails et d'un wagonnet a aussi été mentionnée, de manière mal localisée dans un secteur assez vaste (vers la Maillardière et la Martinerie sur la commune de Lavenay). Une recherche sur le terrain a permis de retrouver des caves de dimensions réduites dans ce secteur, mais aucune trace de rails ou de wagonnet, pas plus que d'une cavité d'ampleur assez importante pour justifier la mise en place d'un chemin de fer.

4. LES DIFFÉRENTS TYPES DE MOUVEMENTS DE TERRAIN

4.1 - L'EFFONDREMENT LOCALISÉ

Un effondrement localisé correspond à l'apparition soudaine en surface d'un désordre de petites dimensions, aux bordures généralement bien marquées. Il peut être provoqué par la remontée d'un vide à partir d'une cavité souterraine préexistante, par rupture du toit de cette cavité (on parle de fontis; illustration 5), par la rupture du bouchon d'un puits (notamment dans le cas de marnières) ou bien par la rupture des terrains de surface autour d'un puits.

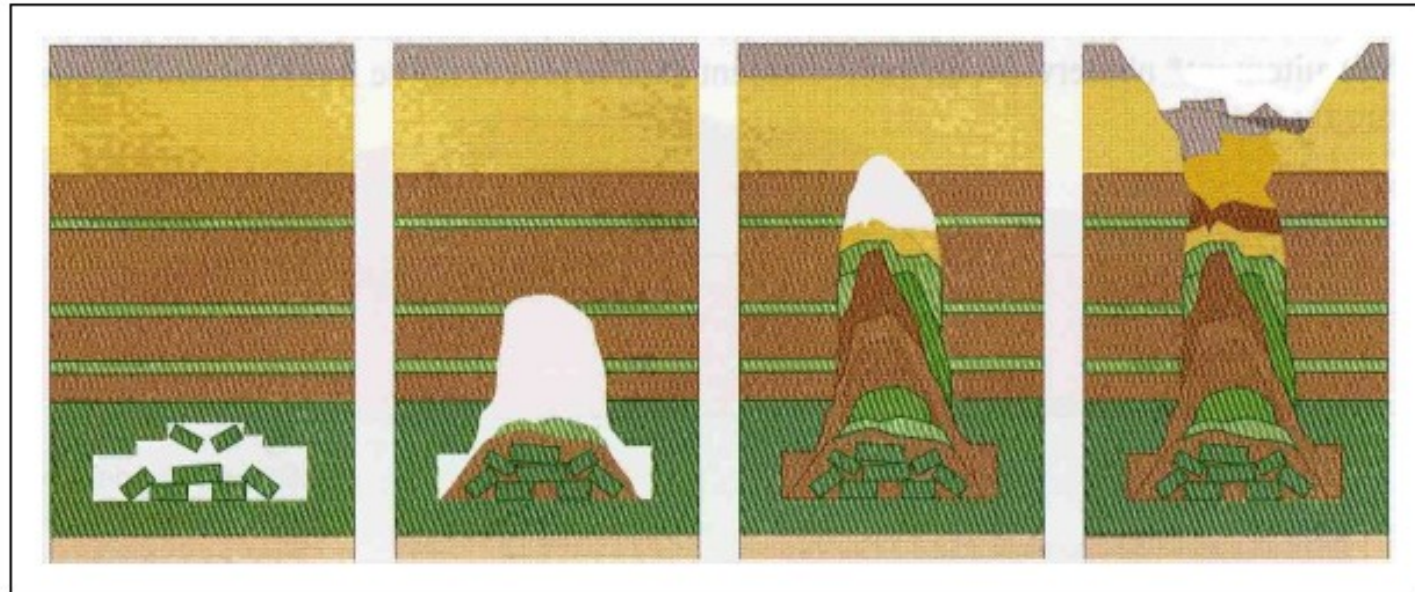


Illustration 5 : Schéma de principe d'évolution d'un fontis en contexte sédimentaire à pendage nul (d'après Évaluation des Aléas liés au Cavités Souterraines – LCPC, 2002)

De nombreux mouvements de terrain sont répertoriés et/ou ont été mentionnés dans des témoignages au cours de l'enquête de terrain. Les témoignages ont porté tant sur des effondrements récents (moins d'une dizaine d'années) qu'anciens (jusqu'à cinquante ans ou plus) ou non datés. Certains effondrements récents ont été observés sur le terrain. En dehors des talus légèrement abaissés sur un ou deux mètres de longueur, et de deux petits effondrements (moins d'un mètre de diamètre, moins de 0,5 m de profondeur) aux parois abruptes, un seul effondrement localisé de diamètre conséquent et dont la nature est certaine a été trouvé sur le terrain.

- Les talus abaissés : ils font partie des désordres en léger mouvement continu, remblayés de temps en temps ; sans indication de la part d'une personne connaissant ce mouvement lent et continu, on pourrait les confondre aisément avec un aménagement du talus, pour accéder au champ par exemple ;
- Les petits effondrements aux parois abruptes : du fait de leurs petites dimensions, ils sont remblayés à moindres frais, ce qui fait qu'ils sont rapidement oubliés ; ainsi, la connaissance de ces effondrements est lacunaire, on ne connaît que les plus récents, encore ouverts ou remblayés très récemment ; toutefois, comme ils sont peu gênants, ils restent parfois assez longtemps ouverts avant d'être remblayés ;

- Les effondrements de plus grande ampleur : constituant une gêne voire un risque, ils sont rapidement remblayés ; nécessitant plusieurs mètres cubes de remblai pour les combler, les propriétaires s'en souviennent ; de plus, du fait du risque qu'ils peuvent présenter, leur connaissance est souvent transmise d'une génération à la suivante ; sauf s'ils sont sujets à un mouvement résiduel continu dans le temps, ils ne sont plus visibles. Un seul exemple dont la nature est certaine a été trouvé sur le terrain (à 400 m au Nord de Lavenay), sans doute ignoré par le propriétaire du terrain et par le propriétaire de la cave sous-jacente ; il est circulaire, et fait 5 m de diamètre pour 2 m de profondeur (voir photographie 11).



Photographie 11: Effondrement localisé à 400 m au Nord de Lavenay (EL51) © BRGM - Romain Cochery

D'autres effondrements potentiels ont été retrouvés en forêt ; il s'agit de dépressions généralement circulaires, mais pouvant avoir d'autres origines qu'un effondrement (par exemple cratères de bombe datant d'une guerre ou pièges pour animaux). À l'inverse des effondrements dans les champs et jardins ou sur les voies de circulation, dont l'apparition a été constatée par le propriétaire ou une autre personne, la datation du phénomène à l'origine de la dépression est totalement inconnue. Il n'y a pas de certitude sur la présence d'une cavité aux endroits de ces dépressions.

Les effondrements recensés, n'ayant pas fait apparaître de vides très profonds (par rapport au diamètre du désordre), correspondent à des fontis. Les vides à l'origine des effondrements peuvent être des cavités d'origine anthropique (de type marnière) et/ou des cavités naturelles (de type cavité karstique). Il est probable qu'une partie des effondrements soient liées à l'un de ces types de cavité, et le reste des effondrements à l'autre type de cavité.

Au total, 63 effondrements ont été recensés et localisés ; seul l'un d'eux (EL51) a été lié avec certitude à une cavité observée (l'une des caves du groupe de caves GCP15 au Nord de Lavenay).

4.2 - L'AFFAISSEMENT

Un affaissement (ou affaissement progressif) correspond à un désordre de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres de diamètre, qui apparaît progressivement en surface.

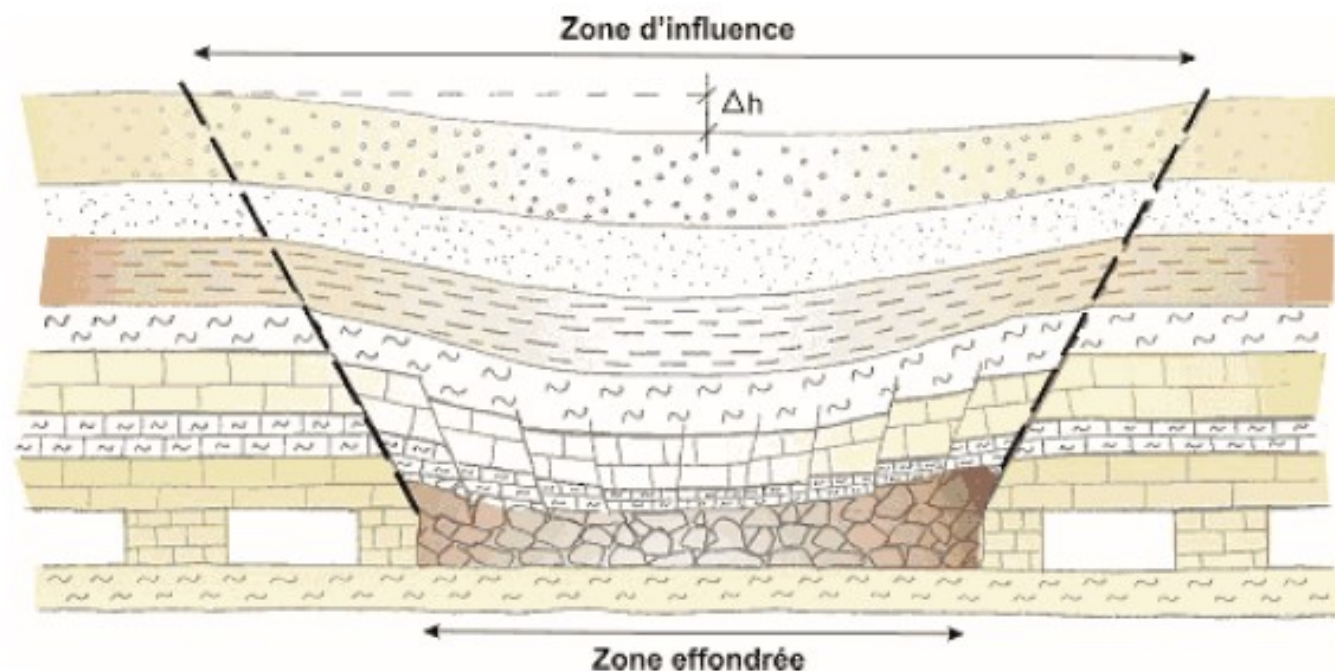


Illustration 6 : Schéma du mécanisme d'affaissement, source www.cavites.fr, BRGM

Un affaissement progressif continu dans le temps est indiqué dans l'actualisation de 2006 de l'atlas départemental des risques de mouvements de terrain (CETE de l'Ouest, 2006) à proximité de la Bonotière (commune de Ruillé-sur-Loir). La zone concernée est matérialisée par un enrobé plus récent que le reste de la route ; l'ensemble de la plateforme est déformé sur une longueur d'une vingtaine de mètres (il est difficile de délimiter la déformation en largeur du fait du labour des champs autour).

4.3 - LE FLUAGE OU GLISSEMENT

Trois glissements ont été retrouvés sur le terrain sur les trois communes étudiées, dont un n'est que suspecté ; cela s'ajoute au glissement ancien suspecté d'après l'examen des photographies aériennes, sur le territoire de la Chapelle-Gaugain, à 40 m de la limite Nord-Ouest de Lavenay (voir paragraphe 2.1).

Un glissement d'une vingtaine de mètres de large pour une quarantaine de mètres en longueur (du haut de la zone d'arrachement au bas du bourrelet de pied), récent et encore en mouvement, a été observé peu après la sortie du bourg de Lavenay, vers le Nord-Ouest. Ce glissement, même s'il semble très superficiel au premier abord (voir photographie 12), est de type circulaire (au vu de la forme générale du glissement et du déplacement subi par les éléments proches de l'escarpement) : le mouvement comprend donc une part de rotation des terrains au centre du glissement, et l'épaisseur impactée est ainsi sans doute supérieure à la hauteur du bourrelet de pied (environ 1 m).



Photographie 12 : Glissement de terrain à 200 m au Nord-Ouest de Lavenay (GI01), en février 2013 après environ 2 mois de mouvement © BRGM - Romain Cochery

A 500 m à l'Ouest-Nord-Ouest de ce glissement, une suspicion de glissement (ou de petite carrière à ciel ouvert) a été mise en évidence par l'étude du Scan25 (© IGN) et des photographies aériennes anciennes (voir paragraphe 2.1), sur la commune de la Chapelle-Gaugain.

Un fluage³ des terrains a été observé dans un terrain à gauche de la route de l'Hermitage (commune de Ruillé-sur-Loir) à la Berthellière (commune de la Chapelle-Gaugain). Celui-ci se manifeste par une succession de renflements allongés, de longueur décamétrique. La cinétique de ce mouvement de terrain est inconnue.

Enfin, une marque d'arrachement a été observée à 200 m au sud du Grand Dauvers (commune de Ruillé-sur-Loir). Comme aucune trace de matériaux glissés n'est présente en dessous de cette marque, un glissement ancien est suspecté, mais pas avéré. Les dimensions d'un tel effondrement – s'il a eu lieu – ont été très réduites (3 à 5 m de diamètre).

4.4 – L'ÉBOULEMENT ET CHUTE DE BLOCS

Les éboulements et chutes de blocs sont généralement classés selon le volume individuel des éléments distincts et le volume global de l'ensemble chutant lors d'un événement. Les blocs peuvent glisser le long de surfaces de rupture (souvent des fractures préexistantes), se détacher et chuter s'ils sont en surplomb, ou basculer jusqu'à se trouver en déséquilibre (Illustration 7).

³Déplacement dans le temps sous l'action d'une contrainte constante avec déformation sans rupture

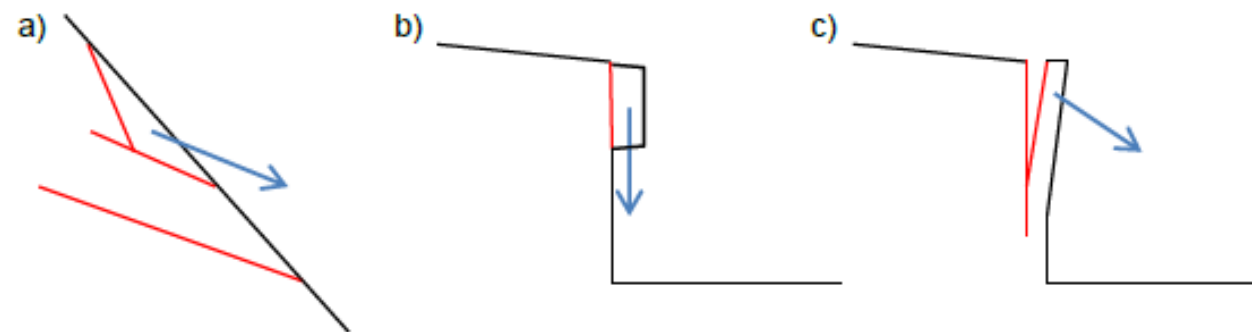


Illustration 7 : Blocs en position initiale susceptibles : a) de glisser le long de fractures préexistantes (en rouge) ; c) de se détacher du massif et chuter à partir d'une position de surplomb b) de basculer jusqu'à l'instabilité

Les mouvements de pente les plus fréquents, et qui n'ont pas fait l'objet d'une cartographie exhaustive, sont des chutes de matériaux meubles (terre, altérites superficielles) au pied des escarpements, souvent à la porte des caves (photographie 13). Ces matériaux meubles entraînent parfois quelques pierres ou petits blocs décimétriques (un volume de l'ordre du litre).



Photographie 13 : Éboulements sur les communes de Ruillé-sur-Loir et Ponce-sur-le-Loir © BRGM - Romain Cochery

À gauche : un éboulement ancien de matériaux meubles à Dauvers (commune de Ruillé-sur-Loir) ; noter la présence d'une pierre de dimension décimétrique en bas à droite de la photographie ; à droite : chute de terre récente à Ponce-sur-le-Loir, la végétation n'a pas encore recouvert la zone d'origine de la terre

Après une ou plusieurs chutes de matériaux meubles, l'angle de stabilité des terrains meubles peut être atteint ; toutefois, un changement dans la végétation du versant peut modifier cet angle de stabilité.

Les chutes de blocs ($0,1 \text{ m}^3 < v < 10 \text{ m}^3$) sont plus rares que les chutes de terrains meubles. Elles ne sont présentes qu'aux endroits où peuvent se trouver ou bien se découper des blocs : affleurement fracturé, blocs découpés par l'érosion ou la végétation, etc. En fonction de la hauteur de la falaise, de la pente en dessous, de la présence éventuelle de gradins, d'arbres etc. susceptibles d'arrêter le mouvement des blocs, ceux-ci peuvent se déplacer plus ou moins loin, à plus ou moins grande vitesse. Deux mouvements récents ont été observés sur le terrain (voir photographie 14) ; des traces de mouvements anciens sont nombreuses sur le bord des falaises sur la commune de Ponce-sur-le-Loir entre les Coteaux et les Écluses.



Photographie 14 : Chutes de blocs sur les communes de Ruillé-sur-Loir et Ponce-sur-le-Loir © BRGM - Romain Cochery

À gauche : un bloc de dimension métrique est progressivement arrivé jusqu'au mur de la maison (lors du mouvement initial, il était resté à environ 1 m du mur) ; à droite : un bloc d'environ $0,2 \text{ m}^3$ s'est arrêté à un mètre du bord de la route

Les observations ont également porté sur les facteurs de prédisposition à l'aléa chute de blocs : fracturation des falaises, blocs déjà découpés ou sur le point de l'être dont l'immobilité n'est pas assurée, végétation et géométrie des pentes et gradins susceptibles d'accélérer ou de ralentir voire arrêter le mouvement des blocs (voir photographie 15).



Remarque : élimination des doublons

Les informations ont été compilées à partir de plusieurs sources : les doublons identifiés ont été réunis en un seul objet ; toutefois, lorsqu'un doute subsistait, les deux éléments ont été conservés. Dans les zones de forte densité d'éléments, ainsi que dans les cas où l'incertitude de localisation est grande, les doublons sont vraisemblablement plus nombreux. La surestimation de la quantité d'objets est estimée au maximum à 1 pour 4 éléments dans les zones de forte densité (les effondrements sur le plateau au Nord de la vallée de la Flotte).

Photographie 15: Exemples d'observation des facteurs de prédisposition à la chute de blocs sur les communes de Ruillé-sur-Loir et Poncé-sur-le-Loir © BRGM - Romain Cochery

À gauche : un bloc détaché par la fracturation mais n'ayant pas la possibilité de prendre de la vitesse à cause de la géométrie du terrain (le bloc repose sur une banquette large) ; à droite : un bloc plurimétrique situé sur une pente suffisamment forte pour qu'il puisse prendre de la vitesse, mais pour l'instant seulement partiellement découpé par la fracturation

Synthèse des éléments recensés

La collecte des données effectuée a permis de recenser et cartographier, sur les trois communes :

- des cavités clairement identifiées :
 - o une carrière, accessible depuis de multiples entrées de galeries, aérée par 5 cheminées retrouvées en surface,
 - o deux puits supposés être des puits de marnière,
 - o 21 caves isolées, 49 groupes de caves ;
- des mouvements de terrain :
 - o 57 effondrements localisés,
 - o 1 affaissement progressif,
 - o 2 dolines suspectées,
 - o 1 éboulement d'ensemble (les chutes de matériaux meubles n'ont pas été recensées systématiquement),
 - o 3 glissements de terrain dont 2 avérés et 1 suspecté (un autre glissement a été recensé sur une commune voisine).

PLAN DE PRÉVENTION DU RISQUE MOUVEMENT DE TERRAIN : MÉTHODOLOGIE

1. MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE

L'élaboration d'un PPRMT se traduit par quatre étapes principales qui donnent lieu à la réalisation de plusieurs cartes techniques et d'une carte réglementaire :

- une carte informative des phénomènes naturels
- une carte des aléas
- une évaluation des enjeux
- le plan de zonage réglementaire du PPRMT

1.1 - CARTE INFORMATIVE

La carte informative des phénomènes naturels a vocation à informer et sensibiliser les élus et la population. Elle restitue sur un fond de plan topographique la manifestation des phénomènes significatifs, c'est à dire leur type, leur extension et les principales conséquences sur les hommes et les biens.

Elle résulte d'une exploitation minutieuse de toutes les informations disponibles : archives, études, coupures de presse, cartes, iconographie, ainsi que d'une enquête auprès de la population et des élus. Les reconnaissances de terrain réalisées pour caractériser les aléas alimentent également la connaissance des événements.

1.2 - CARTE DES ALÉAS

La carte des aléas localise et hiérarchise les zones exposées à des phénomènes naturels. Elle classe les aléas en plusieurs niveaux en tenant compte de la nature de ces aléas, de leur probabilité d'occurrence et de leur intensité.

1.3 - CARTE DES ENJEUX

La carte des enjeux répond à plusieurs objectifs :

- vérifier que le niveau de précision des études est adapté aux réalités du terrain,
- orienter les prescriptions réglementaires.

1.4 - PLAN DE ZONAGE RÉGLEMENTAIRE

Le plan de zonage réglementaire délimite le risque en réglementant l'occupation et l'utilisation des sols. Les zones ainsi délimitées définissent des interdictions, des prescriptions réglementaires homogènes, ou des mesures de prévention et de sauvegarde.

Il est destiné à être annexé au Plan Local d'Urbanisme, le cas échéant, et doit être suffisamment précis et lisible pour être applicable en droit des sols.

2. CARTE INFORMATIVE

Les cartes informatives (planches hors texte 1 à 5) sont produites sur fond orthophoto de l'IGN (en niveau de gris et au contraste atténué pour améliorer la lisibilité des informations présentées), à l'échelle du 1/5 000. Alors qu'une carte a été produite pour Lavenay, et qu'il en est de même pour Poncé-sur-le-Loir, trois cartes ont été produites pour Ruillé-sur-Loir (partie sud, partie centrale et partie nord), du fait de la surface plus importante de cette commune. Par ailleurs, une petite zone de Ruillé est visible uniquement sur la carte de Poncé-sur-le-Loir.

La liste des cartes informatives est donc la suivante :

- Planche 1 : Carte informative sur Lavenay ;
- Planche 2 : Carte informative sur Poncé-sur-le-Loir ;
- Planche 3 : Carte informative sur Ruillé-sur-Loir (partie sud) ;
- Planche 4 : Carte informative sur Ruillé-sur-Loir (partie centrale) ;
- Planche 5 : Carte informative sur Ruillé-sur-Loir (partie nord).

Les informations mentionnées au *chapitre 2. Collecte des données et enquête de terrain* sont présentées selon différents figurés, tous ponctuels sauf précision contraire :

- les entrées des caves isolées ;
- les entrées de certains groupes de caves (selon le nombre et l'étendue spatiale, le figuré est ponctuel ou linéaire) ;
- les puits de marnière potentiels ;
- les dolines suspectées ;
- les mouvements de terrain : effondrements, affaissement, glissements avérés, éboulement d'ensemble.

Par ailleurs, les zones de pente supérieure à 10° et à 20° ainsi que l'emprise minimale certaine et l'emprise totale estimée de la carrière de la Volonière ont été tracées à l'aide de figurés surfaciques.

La cartographie présente les éléments représentés selon les meilleures estimations disponibles. Une certaine incertitude demeure quant à la localisation des objets. Néanmoins, cette incertitude n'est pas indiquée sur les cartes informatives car elle alourdirait fortement ces documents.

Concernant les caves, en plus des relevés GPS (d'une précision de l'ordre de la dizaine de mètres), le cadastre et l'orthophoto ont été utilisés afin d'améliorer la précision du report : une incertitude de 5 m environ pour Ruillé-sur-Loir, et de 10 m pour Poncé-sur-le-Loir et Lavenay, semble être le maximum représentatif de la cartographie des caves.

Pour les effondrements, souvent obtenus à partir de témoignages datant de plusieurs années, une incertitude de 20 à 50 m est estimée, en fonction de la date du témoignage et des éléments de repère (un arbre planté au niveau d'une marnière est un point de repère fiable, par exemple).

Pour les puits de marnière, relevés au GPS, une incertitude de 10 m est considérée.

Les dolines ont été cartographiées à partir de l'orthophoto. L'incertitude est donc de 3 m, mais le figuré ponctuel représente des objets de plusieurs dizaines de mètres de diamètre.

Le tracé de la carrière de la Volonière a été réalisé à partir de documents de précision inconnue et d'estimations en fonction des observations (position des cheminées en surface, entrées de galerie). Aucune valeur d'incertitude n'est donnée ; toutefois, il faut considérer que ces tracés estimés peuvent s'écarter de la véritable emprise de la carrière.

Les mouvements de terrain ont été relevés au GPS, mais, pour des raisons de sécurité, les mesures GPS ont été effectuées en général en dehors de l'emprise des désordres, et un décalage du point a ensuite été réalisé sur le support informatique. Cela peut nuire à la localisation : l'incertitude estimée est ainsi comprise entre 10 et 20 m.

Les zones de pente ont été cartographiées par un calcul à partir du MNT⁴ au pas de 25 m de l'IGN suivi d'un traitement manuel à partir d'une analyse jointe du Scan25, de l'orthophoto, et ponctuellement d'observations de terrain. L'incertitude de positionnement est ainsi globalement de 50 m, mais peut être meilleure, vers 10 m, à proximité des bâtiments. Il faut aussi tenir compte de l'incertitude sur la valeur de pente indiquée, provenant d'un calcul à partir d'un MNT, donc lissé à une certaine échelle (une seule valeur tous les 25 m : les pentes sur des longueurs inférieures sont peu visibles) et avec des limites de précision notables.

3. ÉVALUATION DES ALÉAS MOUVEMENTS DE TERRAIN

Concernant les mouvements de terrain liés aux coteaux (glissements, éboulements, coulées boueuses), l'approche se base sur des études statistiques réalisées par le passé sur des territoires nettement plus importants que l'emprise communale, de sorte qu'on puisse garantir une certaine fiabilité dans les résultats de ces études.

Concernant les effondrements liés aux cavités souterraines, la démarche suivie pour l'évaluation de l'aléa s'appuie sur la méthodologie de l'évaluation départementale de ce risque développée par le BRGM (Fontaine, Nachbaur et Rohmer, 2008).

Les caves et carrières sont liées à la fois à des risques d'éboulement/chute de blocs au niveau de l'entrée de galerie, ainsi qu'à des risques d'effondrement localisé au-dessus de la cavité.

Les aléas sont évalués au travers de deux propriétés : la probabilité d'occurrence, réduite ici à un niveau de prédisposition (peu sensible à très sensible) ; et l'intensité du phénomène, classée aussi selon des niveaux (limité à élevé). Le niveau d'aléa est ensuite obtenu par croisement de ces deux informations selon une matrice établie⁵, présentée ci-dessous (Illustration 8).

Prédisposition / Intensité	Peu sensible	Sensible	Très sensible
Limitée	Faible	Faible	Moyen
Modérée	Faible	Moyen	Fort
Élevée	Moyen	Fort	Fort

Illustration 8 : Matrice de croisement de la prédisposition et de l'intensité utilisée pour définir le niveau d'aléa

3.1 - ALÉAS EFFONDREMENT LOCALISÉ ET AFFAISSEMENT

Un effondrement localisé, événement brutal, est en général susceptible de porter atteinte à la sécurité des biens et des personnes. Un affaissement ne met pas en cause directement la sécurité des personnes ; toutefois, il peut porter atteinte au bâti et aux structures par une mise en pente et éventuellement un fléchissement du sol sur lequel repose l'enjeu, ce fléchissement pouvant induire des tractions ou des compressions dans la structure et être à l'origine de tassement différentiel. La cinétique d'un affaissement permet normalement d'éviter toute mise en cause indirecte de la sécurité des personnes (par des éléments du bâti notamment).

Le phénomène « effondrement d'une cavité » est issu de l'occurrence de deux événements indépendants : la présence d'une cavité à cet endroit et la possibilité qu'elle s'effondre (le raisonnement est similaire pour l'affaissement). La réalisation conjointe de ces deux événements est une condition nécessaire et suffisante. Ainsi, le principe des scénarios départementaux consiste à considérer la susceptibilité comme issue du croisement de deux valeurs distinctes :

- la Susceptibilité de Présence de cavités (SP) ;
- la Susceptibilité d'Effondrement de cavités (SE).

La méthodologie a dû être adaptée car :

- même si elles sont indépendantes, il est impossible de séparer totalement les variables SP et SE pour les cavités non localisées, car quasiment toute l'information sur la localisation de ces cavités provient des effondrements observés ;
- l'échelle n'est pas départementale ; la précision des données en entrée est différente, et la précision attendue du résultat l'est aussi.

⁴MNT (modèle numérique de terrain) : fichier représentant la topographie d'un lieu

⁵Cette matrice est couramment utilisée pour l'évaluation des aléas préalable à la réalisation des plans de prévention des risques miniers (PPRM), pour les mêmes types de phénomènes.

Il faut distinguer deux cas : lorsque l'on estime seulement qu'il est possible qu'il y ait une cavité (non visible sur le terrain : marnières, cavités karstiques) et lorsque l'on a la certitude ou la quasi-certitude de la présence d'une cavité (visible sur le terrain : caves, carrières, ou non visible mais en présence d'un indice – comme un effondrement – : marnières, cavités karstiques).

Dans le premier cas, seule une potentialité de présence sera cartographiée. Dans le deuxième cas, les aléas effondrement localisé et affaissement seront cartographiés.

L'aléa lié aux puits est également étudié.

3.1-1- L'aléa effondrement localisé lié aux puits

Les puits étudiés ici sont les puits de marnière supposés et les cheminées d'aération de la carrière de la Volonière. Les effondrements localisés que l'on est susceptible de rencontrer au niveau de puits ouverts sont provoqués par l'effondrement des terrains de surface autour du puits. Pour les puits maçonnés, cela est précédé par la rupture de la maçonnerie.

A. Prédiposition à l'effondrement localisé

La maçonnerie du puits P06, en pierre sèche, est en bon état apparent ; la prédiposition retenue pour ce puits est peu sensible. Pour les autres puits, en l'absence d'éléments d'appréciation, la prédiposition est retenue à un niveau sensible.

B. Intensité des phénomènes

Le diamètre des cheminées d'aération de la Volonière matérialisées par des ouvrages en surface (Pts01 à Pts04) n'est pas connu, mais potentiellement supérieur à 1,5 m de diamètre. Une intensité élevée est retenue pour ces cheminées (Pts01 à Pts04).

L'intensité retenue est modérée pour l'aléa effondrement lié à l'un des puits de marnière supposés (Pts06, Pts07) et à la cheminée d'aération de la carrière de la Volonière recouverte d'une dalle (Pts05), compte tenu du faible diamètre de ces puits.

C. Niveau de l'aléa effondrement localisé

Par croisement de l'intensité et de la prédiposition, le niveau retenu de l'aléa effondrement localisé est :

- Fort pour les cheminées Pts01 à Pts04 ;
- Moyen pour la cheminée Pts07 et le puits Pts05 ;
- Faible pour le puits P06.

3.1-2- Les aléas effondrement localisé et affaissement liés aux cavités visibles et repérables sur le terrain

A. Prédiposition à l'effondrement localisé et à l'affaissement

Pour la quasi-totalité des caves et carrières, l'entrée est visible sur le terrain et l'on connaît donc la position de la cavité. On ne connaît par contre pas toujours l'emprise surfacique de la cavité : les caves aux entrées inaccessibles ou obstruées n'ont pas pu être visitées systématiquement, et l'on ne dispose pas de plan d'ensemble de la carrière de la Volonière.

En général, on ne parlera pas de présence ou non de cavité à l'aplomb précis du point considéré, mais de positionnement dans ou en dehors de la zone d'influence potentielle d'une cavité. Par exemple, dans le cas d'une carrière à plus de 10 m de profondeur et ayant laissé des piliers de section réduite, il importe peu (et il est très difficile et coûteux) de savoir si l'on se situe exactement à l'aplomb du vide ou d'un pilier, mais il est important de savoir si l'on est au-dessus de la zone d'exploitation.

• Les caves

Les observations d'une partie des caves ont permis d'identifier les valeurs médianes des dimensions de ces ouvrages :

- Galerie allongée de 2 m de large, 2,5 m de hauteur pour 10 m de longueur ;
- Salle rectangulaire de 4 m par 6 m, 2,5 m de hauteur.

La partie éventuelle d'une cave au-delà de 20 m de l'entrée a une influence moindre en surface. Ceci est dû au fait qu'à plus grande distance de l'entrée et à plus grande profondeur, les terrains sont moins décomprimés et altérés qu'à proximité immédiate de la surface ; de plus, les racines pénètrent rarement assez profondément pour influencer la fracturation et les arrivées dans cette zone plus éloignée de la surface.

Il faut ajouter, pour les groupes de caves, que seules une petite partie des caves comprises dans le groupe vont effectivement au-delà de 10 m. L'influence potentielle globale du groupe est alors concentrée dans la tranche située entre 0 et 10 m de l'entrée (voir Illustration 9). On retiendra, par sécurité, une influence potentielle dans la tranche 0 – 20 m de l'entrée.

D'autres facteurs limitent le risque d'un effondrement : en particulier, de nombreuses caves sont voûtées, ce qui améliore nettement la tenue du toit ; de plus, les caves sont généralement creusées aux endroits où la roche est la plus compétente.

L'effondrement localisé au droit des caves est possible, mais peu observé sur le terrain. Au vu du faible nombre d'effondrements localisés sur cave, comparé au nombre de caves sur l'ensemble des trois communes, une prédiposition peu sensible est retenue pour l'aléa effondrement localisé au niveau de ces ouvrages, sauf trois zones où des chutes de toit ont pu être observées ou rapportées dans certaines caves (est et ouest du Petit Dauvers, et autour de l'effondrement EL51 au nord de Lavenay).

Les caves réalisées en tranchée couverte, pour lesquelles le toit est visible par un monticule de terre en surface, n'ont pas été retenues pour l'aléa effondrement.

Étant données les dimensions des caves, un affaissement n'est pas attendu au droit de ce type de cavités.

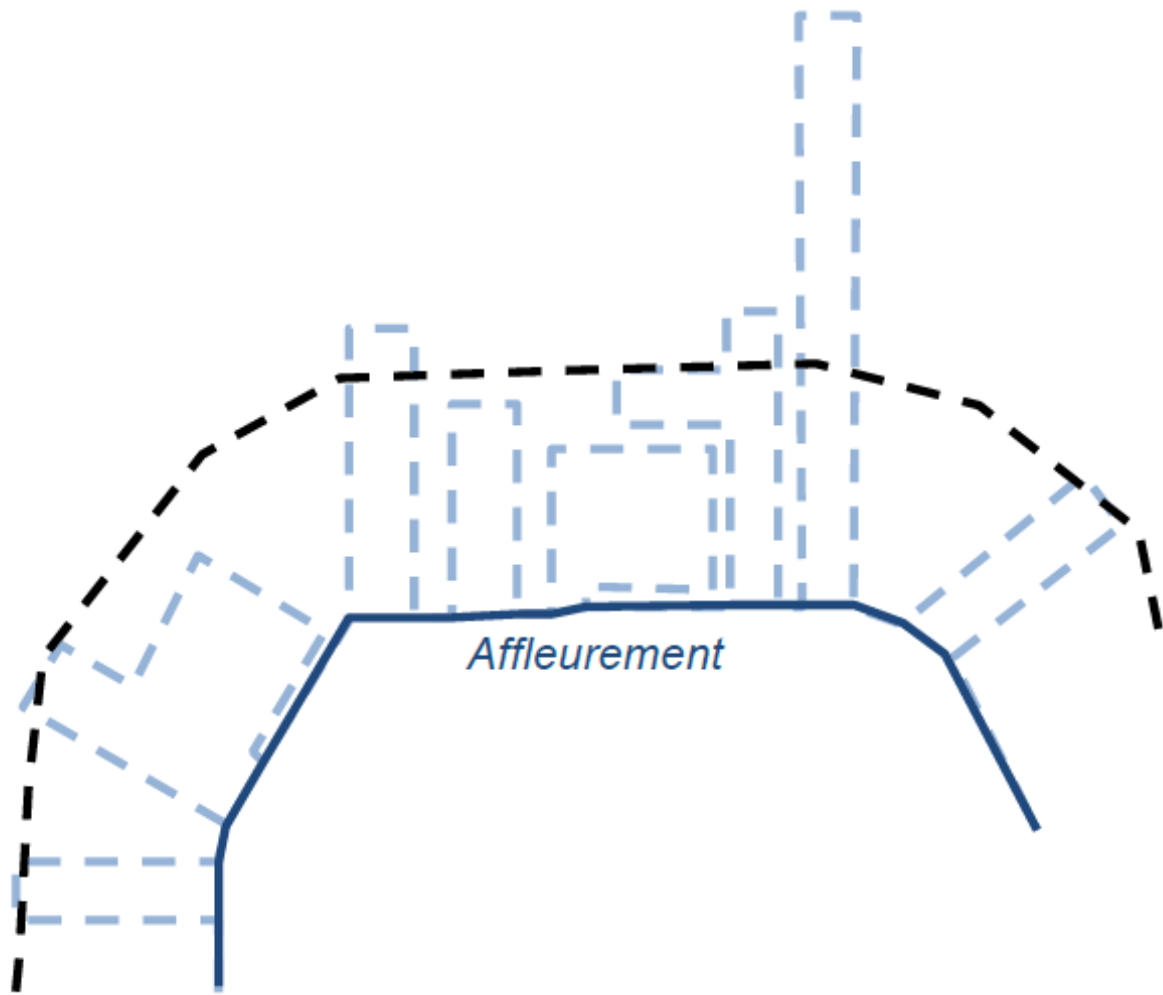


Illustration 9 : Schéma d'un groupe de caves
la probabilité qu'une cave ait une longueur telle qu'elle aille au-delà d'une certaine distance (matérialisée par la ligne discontinue noire) de l'affleurement est faible ; de plus, au-delà de cette distance, la surface horizontale totale des vides, et donc leur influence, sont limitées

• La carrière de la Volonière

Pour la carrière de la Volonière, on estime la géométrie des vides homogène dans toute la zone de chantier. L'incertitude provient de l'ignorance partielle de l'emprise de cette zone de chantier (voir paragraphe 3.3).

L'effondrement localisé est estimé possible à proximité de la surface. Au-delà d'une certaine profondeur, d'une part la stabilité des vides est observée au fond, et d'autre part l'autocomblement d'un effondrement pourrait survenir lors de la remontée de ce désordre en surface.

Les effondrements observés au fond, de même que l'état général de la carrière, montrent que la stabilité n'est pas assurée dans la partie située à moins de 15 m de la surface.

Au-delà de 15 m de profondeur, le toit est nettement plus stable mais un départ de fontis est toujours possible (mais peu probable). Lorsque le toit s'effondre, les matériaux éboulés occupent davantage de volume que lorsqu'ils étaient en place : il y a foisonnement. Ce phénomène diminue le volume de vide compris entre les matériaux éboulés et le haut de la cloche de fontis, au fur et à mesure que celle-ci monte vers la surface (Illustration 10). Cela peut aller jusqu'à remplir complètement ce vide : il y a alors autocomblement du vide. Des calculs permettent de connaître la hauteur au-delà de laquelle il y a autocomblement, et donc les effondrements ne peuvent plus remonter en surface.

Considérons les dimensions des vides de la carrière : une largeur standard de 4 m, pour une hauteur variable, entre 1,5 et 3 m. Dans cette configuration, le diamètre d'une cheminée de fontis est usuellement compris entre 3 et 4 m.

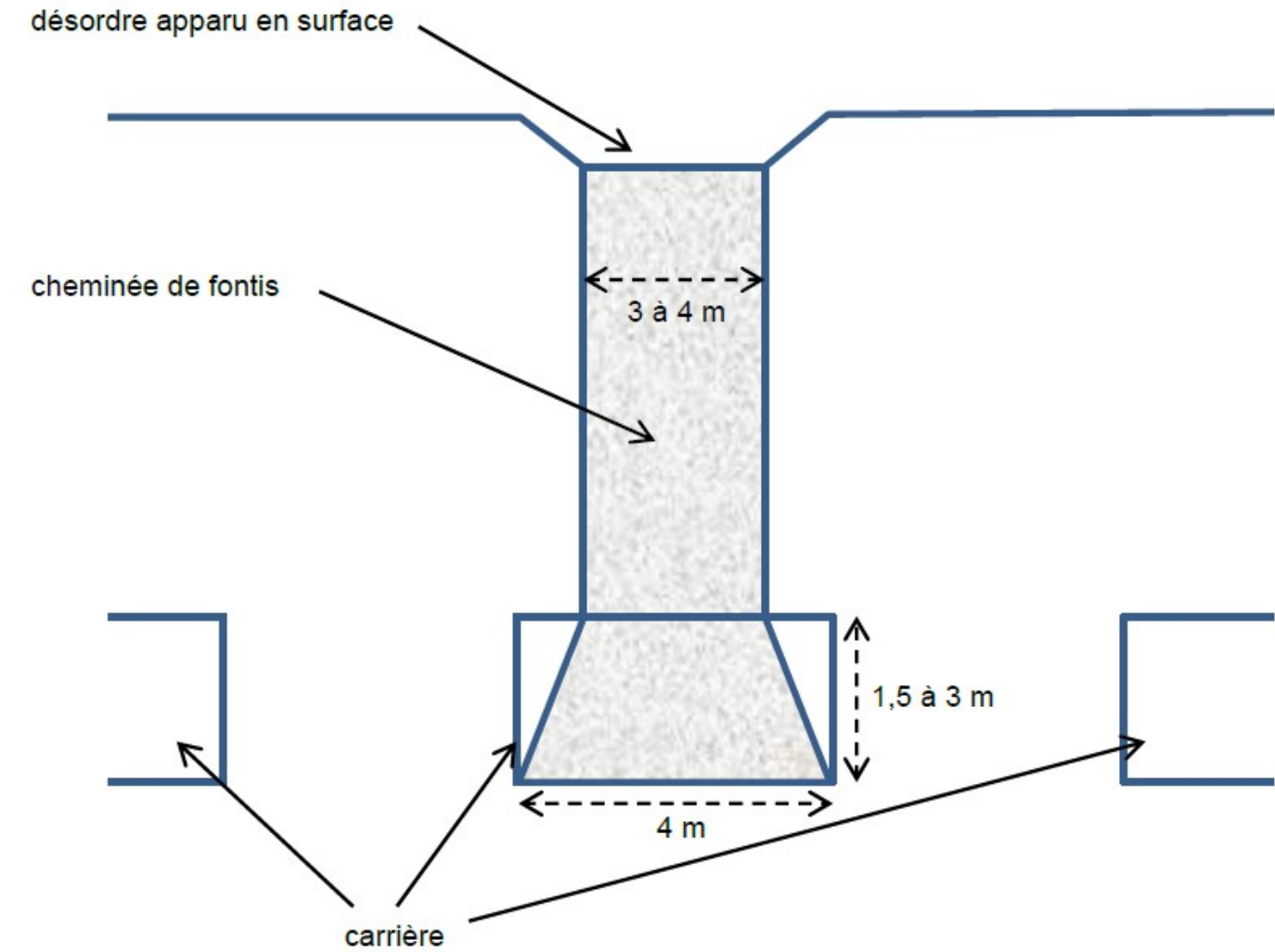


Illustration 10 : Géométrie pour l'étude de la remontée de fontis (schéma d'un fontis potentiel)

Le matériau recouvrant la cavité est du tuffeau ; il lui sera affecté un coefficient de foisonnement⁶ de 1,4. L'angle de frottement interne⁷, pour ces matériaux hors nappe, est estimé à 40°. Avec ces paramètres, la formule de Meier indique une hauteur maximale de remontée de fontis de 24 m (les calculs sont détaillés ci-après).

⁶Coefficient de foisonnement : rapport du volume après foisonnement sur le volume en place

⁷Cet angle sera utilisé pour définir la pente formée sur les bords du cône d'éboulis au fond de la cavité.

Adaptée de la formule de Vachat (1982), la formule de Meier (1991) donne un ordre de grandeur quantitatif de la profondeur au-delà de laquelle un fontis sera autocomblé avant d'atteindre la surface.

Dans le cas d'une galerie isolée, la formule de Meier (1991) prend la forme :

- $h_{cloche} = \frac{w}{K-1} \left(1 + \frac{w}{D \tan \theta} \right)$ pour une forme cylindrique ;

- $h_{cloche} = 1,274 \cdot \frac{w}{K-1} \left(1 + \frac{w}{D \tan \theta} \right)$ pour une forme parabolique.

Remarque : w représente la hauteur de la galerie, D le diamètre de la cloche de fontis, K le coefficient de foisonnement et θ l'angle de talus.

Les hypothèses sont présentées dans le corps du rapport. Elles sont rappelées ici.

Cette formule est ainsi utilisée ici avec un coefficient de foisonnement de 1,4, et un angle de talus de 40° (tuffeau sec). Les galeries ont globalement des largeurs de 4 m, et des hauteurs variant de 1,5 à 3 m. Les cheminées de fontis, dans des galeries de cette largeur, ont généralement un diamètre compris entre 3 et 4 m.

Hauteur de la galerie	w	3 m	1.5 m	3 m	1.5 m
Diamètre du fontis	D	3 m	3 m	4 m	4 m
Coefficient de foisonnement	K	1.4	1.4	1.4	1.4
Angle de talus	θ	40°	40°	40°	40°
Forme cylindrique					
Hauteur de remontée de fontis	hcloche	16 m	6 m	14 m	5 m
Forme parabolique					
Hauteur de remontée de fontis	hcloche	21 m	8 m	18 m	7 m

Il est ajouté 3 m de terrains non foisonnants de surface, qui ne sont pas compris dans les résultats présentés dans le tableau.

Ainsi, nous retiendrons une remontée de fontis possible jusqu'à 24 m.

Compte-tenu de tous ces éléments, la prédisposition à l'effondrement en surface retenue au droit de la carrière est sensible sur la tranche de 0 à 15 m de profondeur, peu sensible jusqu'à 25 m de profondeur et négligeable au-delà. Compte-tenu de la probabilité plus faible d'un mouvement de plus grande envergure et la rupture de piliers, la prédisposition à l'affaissement est retenue avec un niveau peu sensible quelle que soit la profondeur.

B. Intensité des phénomènes

Au droit des caves, au vu des dimensions de ces dernières, seul un effondrement localisé de diamètre inférieur ou égal à 5-6 m est attendu. L'aléa affaissement n'est pas retenu dans ce cas. L'intensité retenue pour l'aléa effondrement localisé est modérée.

Au niveau de la seule carrière cartographiée, la carrière de la Volonière, au vu du volume des vides au fond, une intensité modérée est retenue pour l'aléa effondrement localisé. Une intensité limitée est retenue pour l'aléa affaissement.

C. Niveau des aléas effondrement localisé et affaissement

Par croisement de la prédisposition à l'effondrement et de l'intensité, le niveau retenu de l'aléa effondrement localisé est :

- faible au-dessus des caves (jusqu'à 20 m des entrées) ;
- moyen au niveau de la carrière de la Volonière jusqu'à 15 m de profondeur ;
- faible au niveau de la carrière de la Volonière de 15 à 25 m de profondeur ;
- négligeable au niveau de la carrière de la Volonière à plus de 25 m de profondeur.

Par croisement de la prédisposition à l'affaissement et de l'intensité, le niveau retenu de l'aléa affaissement est faible au niveau de la carrière de la Volonière.

3.1-3- Les aléas effondrement localisé et affaissement liés aux cavités non visibles sur le terrain, à partir des indices de surface

Autour des indices (effondrements, dolines, puits d'accès potentiels) relevés en surface, la présence d'une cavité est certaine. Son emprise est très mal connue, puisque seul un point de cette cavité est connu dans la dimension horizontale et que sa profondeur est inconnue. La cavité concernée est cartographiée par tampon circulaire autour de l'indice qui a permis de connaître sa présence. Compte-tenu du type de cavité attendue (marnière avec plusieurs salles ou karst avec réseau), et de l'incertitude de positionnement des indices, une zone de 40 m autour de chaque indice est considérée.

A. Prédisposition à l'effondrement localisé et à l'affaissement

La grande incertitude sur l'emprise des cavités considérées a entraîné le choix d'un niveau de prédisposition moindre (du fait de l'incertitude de se trouver effectivement au-dessus de la cavité lorsque l'on se trouve en un point quelconque à l'intérieur de l'une des zones tampon de 40 m).

Autour de chaque effondrement, affaissement et doline, la cavité à l'origine de l'effondrement est dans des conditions qui ont déjà généré un événement. Un nouveau mouvement dans les parties non effondrées (si toute la cavité n'est pas effondrée) est donc possible. Au niveau des effondrements, une reprise du mouvement est aussi possible (fuite des matériaux dans la cavité). Par conséquent, la prédisposition retenue pour l'effondrement localisé dans ces zones est de niveau sensible.

Autour des puits de marnière supposés, aucune preuve d'instabilité n'est relevée. La profondeur de ces marnières est vraisemblablement proche de celle des cavités à l'origine des effondrements recensés, mais, du fait des incertitudes et de l'absence de preuve d'instabilité, la prédisposition retenue est de niveau peu sensible.

Un seul affaissement ayant été recensé, la prédisposition à l'affaissement est retenue à un niveau peu sensible autour de tous les indices.

B. Intensité des phénomènes

Les effondrements recensés sur cavités non visibles sont la plupart de diamètre réduit, mais certains dépassent les critères pour une intensité limitée (diamètre inférieur à 3 m). La différence entre les phénomènes peut être expliquée par les types d'objets en jeu : fuite de matériaux dans des cheminées karstiques ou puits de marnière remblayés pour les phénomènes d'intensité réduite, doline, effondrement de tête de puits ou de chambre d'exploitation de marnière pour les phénomènes d'intensité plus élevée. Au niveau de ces cavités, le seul affaissement recensé est de faibles hauteur et mise en pente ; il n'est pas attendu d'affaissement plus important. Ainsi, sur cavités non visibles (marnières et/ou karsts), le niveau d'intensité retenu est modéré pour l'effondrement localisé, et limité pour l'affaissement.

C. Niveau des aléas effondrement localisé et affaissement

Par croisement de la prédisposition et de l'intensité, le niveau retenu de l'aléa effondrement localisé est moyen autour des indices de cavités non visibles (effondrements et puits de marnière supposés), et faible autour des puits de marnière supposés.

L'aléa affaissement est retenu avec un niveau faible pour ces mêmes zones.

3.1-4- La susceptibilité de présence de cavités non visibles sur le terrain

Les cavités non visibles sur le terrain ne sont connues qu'au travers des effondrements qu'elles génèrent parfois et de rares autres indices (puits d'accès potentiels encore ouverts). Ainsi, la densité de ces cavités est sous-estimée si on ne considère que les indices répertoriés. De plus, de ce fait, comme spécifié en tête de chapitre, l'étude de la susceptibilité de présence de cavités (SP) est donc biaisée par la susceptibilité d'effondrement de cavités (SE). Le risque est d'estimer que dans certaines zones, il y a plus (ou respectivement, moins) de cavités que dans d'autres zones alors qu'en fait, il y a tout autant de cavités que dans ces autres zones mais elles y sont plus (respectivement, moins) susceptibles de provoquer un effondrement en surface.

De plus, pour les marnières, une forme fréquente est un puits autour duquel partent (au fond) des galeries en étoile, aboutissant chacune sur une salle. Ainsi, plusieurs effondrements proches peuvent correspondre à une même marnière, ou plus précisément à plusieurs salles et/ou puits d'une même marnière.

Concrètement, une seule donnée globale sera ainsi calculée.

En fonction des types de cavité, différents critères peuvent expliquer la présence plus importante de cavités de ce type dans certains lieux, et l'absence ou la présence moindre de cavités de ce type dans d'autres lieux. Ces critères peuvent être liés à des raisons notamment physiques et géologiques, pratiques – comme l'accessibilité –, ou historiques. Ils permettent d'effectuer ensuite

une analyse statistique. Celle-ci permettra de sélectionner les critères ayant une incidence importante sur la répartition des cavités, puis de définir et hiérarchiser des zones selon la susceptibilité de présence de cavités non visibles sur le terrain.

A. Identification des critères de potentialité de présence

• Marnières et puits de pompage d'eau

Des critères permettent d'expliquer la concentration de marnières *observées* plus importante en certaines zones que d'autres. Ces critères permettront aussi de *suspecter* des marnières (y compris non observées) plus nombreuses dans certaines zones que d'autres. Les critères analysés sont les suivants :

- présence de craie ou de tuffeau (dans une moindre mesure, de calcaire) dans les profondeurs atteignables (50 m maximum) ;
- des parcelles plus petites, plus nombreuses (à une époque donnée, chaque propriétaire aurait eu sa propre marnière sur sa parcelle) – le critère est difficile à estimer car la taille des parcelles a évolué ;
- des terrains acides (besoin important de chauler les champs) – aucune trace visible d'acidité des champs n'a été observée ;
- l'éloignement des carrières (pas de substitution possible par des déchets d'exploitation de la carrière) ;
- le positionnement hors des forêts ou dans leur orée (proximité avec le champ qu'il faudrait potentiellement amender) – ce critère pose problème pour deux raisons : d'une part, l'emprise des forêts a pu évoluer jusqu'à aujourd'hui ; d'autre part, puisque les effondrements en forêt sont rarement recensés, ce critère sera donc intrinsèquement biaisé.

Les puits de pompage d'eau anciens et abandonnés, non déclarés, peuvent se situer à proximité de toute construction ancienne, notamment à proximité des fermes anciennes. Bien que conçus pour des usages bien différents, il est difficile de distinguer marnières et puits de pompage d'eau dans ces situations.

• Cavités naturelles

Deux dolines ont vraisemblablement été observées sur le terrain. D'autres éléments, comme la circulation d'eau souterraine concentrée (« rivière souterraine »), sont en faveur de la présence de réseaux karstiques (voir paragraphe 3.1). Ces réseaux seraient situés dans les roches du Turonien et/ou dans la Craie de Villedieu. Tout terrain situé en dessous de ces niveaux ne serait donc pas concerné ; cela concerne en particulier le fond de la vallée du Loir et, à plus forte raison, le fond de la vallée du Tusson.

Les cavités naturelles potentielles peuvent être organisées en réseau chaotique, entremêlant des boyaux étroits et des grandes salles, avec par endroits un possible soutirage des argiles d'altération recouvrant la craie et le tuffeau, ce qui peut être à l'origine de dépressions, de dolines et/ou d'effondrements de dimensions variées en surface.

Les critères de présence de ce type de cavité sont usuellement en relation avec :

- la nature lithologique (niveaux carbonatés : calcaire, craie, tuffeau...) et les diverses observations des niveaux potentiellement sensibles à la dissolution au niveau de sondages et à l'affleurement de type cavités vides, remplissage présumé de cavité, etc. –

les observations ne mettent pas en évidence ce type d'éléments à l'affleurement des couches concernées ;

- la fracturation des roches, que ce soit pour une zone, pour un horizon géologique donné ou à proximité des failles ;
- la présence de niveau étanche (plus argileux notamment) sous le niveau sensible à la dissolution, qui faciliterait la rétention et la circulation d'eau dans le niveau sensible.

• Galeries entre châteaux

Des galeries historiques peuvent avoir été creusées à partir des différents châteaux et notamment entre certains châteaux, à des fins militaires et diplomatiques. L'hypothèse de galeries entre châteaux *en lien avec les désordres observés en surface* n'est pas retenue car :

- selon les dimensions et les profondeurs attendues des galeries, l'effondrement de l'une de ces galeries n'aurait pas eu de conséquence en surface ;
- dans l'hypothèse où, une galerie serait à l'origine des effondrements sur le plateau de Lavenay, malgré la remarque précédente (cas de dimensions vraiment importantes de la galerie, ou bien d'une galerie en proche surface), les désordres en surface seraient plus alignés que ce qu'ils ne sont ; de plus, la direction attendue d'un tel alignement ne peut pas correspondre aux observations.

• Conclusion sur les critères de susceptibilité de présence

Ayant une incertitude sur le type de cavité à l'origine des effondrements observés (cavité naturelle type cavité karstique ou anthropique type marnière ?), nous retiendrons les critères de susceptibilité liés à l'ensemble des cavités non visibles, quelle que soit leur origine. Les critères retenus sont donc :

- la présence de calcaire, de craie ou de tuffeau jusqu'à 50 m de profondeur (avec une épaisseur significative) ;
- la fracturation au travers des failles ;
- l'intercalation de niveaux calcaires et de niveaux imperméables (type alternance marno-calcaire avec bancs suffisamment épais).

Le premier critère, lithologique, exclut des zones susceptibles le fond des vallées du Loir, de la Braye et du Tusson.

B. Analyse globale des critères de susceptibilité de présence

La base de données constituée sur le domaine d'étude comprend l'ensemble des effondrements et affaissements constatés sur le terrain, rapportés par les personnes rencontrées et/ou déjà répertoriés dans les bases de données BD CAVITE et BD MVT.

63 effondrements, 1 affaissement, 2 dolines et 2 puits de marnière supposés ont ainsi été cartographiés sur les trois communes étudiées. L'un des effondrements (EL51), concernant une cave, sort du cadre de ce paragraphe puisque celle-ci est localisée. Ainsi, 62 effondrements, 1 affaissement, 2 dolines et 2 puits de marnière supposés sont pris en compte globalement sous le nom « d'indices ».

L'altitude peut avoir un lien avec la lithologie et avec l'épaisseur de recouvrement des niveaux abritant potentiellement des cavités.

La répartition des indices a donc été étudiée selon l'altitude. L'illustration 11 présente la répartition surfacique du terrain et la proportion des effondrements par tranches d'altitude. On remarque d'après ce graphique qu'un seuil d'altitude doit être atteint pour que l'on observe des indices (79 m), ce qui correspond au critère lithologique de présence de cavité énoncé au paragraphe 3.1-3 : il n'y a, *a priori*, ni cavité naturelle ni cavité anthropique en dessous du niveau du Turonien, dans les profondeurs où une cavité pourrait être à l'origine d'un désordre en surface. Nous retiendrons 75 m pour ce seuil, de sorte de conserver un minimum sécuritaire ; sur la rive nord-est du Tusson, du fait de la faille ayant porté les terrains environ 30 m plus haut que sur le reste du territoire étudié, nous retenons un seuil à 100 m d'altitude. Au-delà de ce seuil, la répartition des indices par classes d'altitude est à peu près calée sur la proportion de terrain dans ces mêmes classes d'altitude. Une légère surreprésentation d'indices est visible entre 76 et 85 m, mais les quelques écarts, au vu du nombre total d'indices recensés, ne sont pas statistiquement significatifs. Ainsi, l'altitude n'est pas un critère suffisamment fin pour discriminer certaines zones selon la susceptibilité de présence de cavités non visibles, au-delà de fixer un seuil minimum.

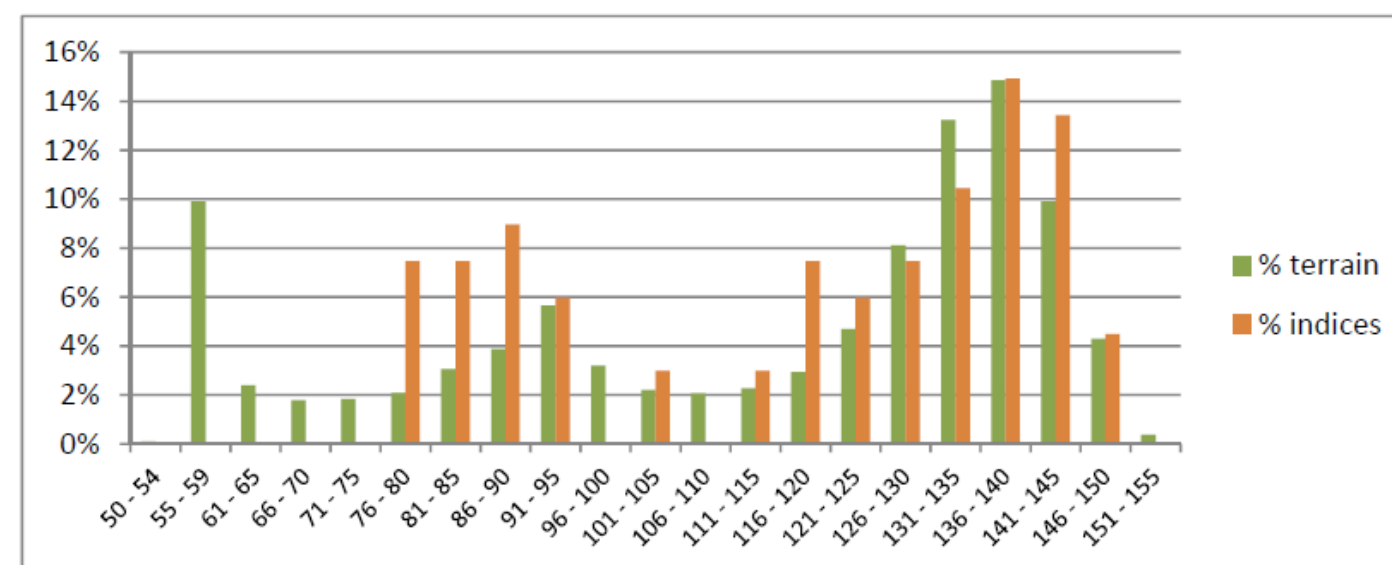


Illustration 11 : Répartition des indices recensés par altitude, confrontée à celle de la superficie du terrain

La répartition des indices par lithologie, plus fine, a donc aussi été étudiée. Des regroupements ont été effectués en tenant compte à la fois de l'horizon superficiel et des horizons sous-jacents : à l'intérieur d'un groupe ainsi constitué, la *colonne* lithologique est globalement similaire, et non seulement l'horizon supérieur. Cela permet de tenir compte à la fois de la couche susceptible de contenir des cavités (de sa sensibilité à la dissolution ou de son intérêt à être exploitée en marnière), et de la nature des roches de recouvrement. La densité d'indices à l'intérieur de chacun des groupes, présentée dans l'illustration 12, peut être comparée à la moyenne sur le domaine d'étude (1,09 indices par kilomètre carré).

Groupe lithologique	Surface (ha)	Part de la surface totale	Nombre d'indices	Part des indices	Densité d'indices /km ²
Crétacé altéré et formations détritiques Tertiaire	1 776,25	32,74 %	30	44,78 %	1,69
Limons des plateaux sur Crétacé ou Crétacé altéré	1 081,36	19,93 %	5	7,46 %	0,46
Alluvions récentes et basse terrasse	714,51	13,17 %	0	0,00 %	0,00
Formations de versant issues de formations tertiaires	517,20	9,53 %	9	13,43 %	1,74
Formations de versant non identifiées	372,55	6,87 %	3	4,48 %	0,81
Formations de versant issues de Turonien	330,60	6,09 %	2	2,99 %	0,60
Moyenne et haute terrasses	294,49	5,43 %	10	14,93 %	3,40
Limons des plateaux sur moyenne et haute terrasses	214,36	3,95 %	7	10,45 %	3,27
Turonien (tuffeau, craie et calcaire)	78,09	1,44 %	1	1,49 %	1,28*
Formations de versant issues de Cénomanién	29,87	0,55 %	0	0,00 %	0,00*
Cénomanién	15,43	0,28 %	0	0,00 %	0,00*
Craie de Villedieu	0,95	0,02 %	0	0,00 %	0,00*
Tertiaire : Calcaires lacustres de Touraine et Sables d'Herbault	0,19	0,00 %	0	0,00 %	0,00*
Total	5 426	100 %	67	100 %	1,23

Illustration 12: Densité d'indices selon chaque groupe lithologique constitué, et comparaison à la surface représentée par ce groupe

* pour les groupes lithologiques dont la superficie est trop faible (en particulier pour une surface de moins d'1 km², soit 100 ha), la quantité et la densité d'indices n'est statistiquement pas significative. Certains groupes s'avèrent plus susceptibles que d'autres : au sein de la haute terrasse du Loir, du Crétacé altéré au Tertiaire ainsi que des autres formations détritiques du Tertiaire, et des formations de versant issues de ces horizons précédents, a été observée une concentration plus importante d'effondrements. *A contrario*, dans les formations de versant non identifiées (comprenant des matériaux soliflués en bas de pente reposant en partie sur les alluvions récentes et sur la basse terrasse du Loir), une densité faible d'indices a été observée. Et dans les alluvions récentes et sur la basse terrasse du Loir, aucun indice n'a été observé (en lien avec les critères de susceptibilité de présence de cavité énoncés au paragraphe 3.1-3 : il n'y a, *a priori*, ni cavité naturelle ni cavité

anthropique en dessous du niveau du Turonien, dans les profondeurs où une cavité pourrait être à l'origine d'un désordre en surface).

La densité d'effondrements a été classée en trois groupes : densité nulle, densité faible (inférieure à 1 indice/km²), densité moyenne (supérieure à 1 indice/km²). Étant donnée la densité d'indices maximale observée, il n'a pas été défini de groupe de densité élevée.

Le Cénomanién et les formations de versant issues de cet horizon se voient rattachés aux zones de densité d'indices nulle, en considération de la susceptibilité à la présence de cavité nulle elle-même.

Le Turonien, la Craie de Villedieu et les Calcaires lacustres de Touraine, étant donné leur position au-dessus de formations sensibles et leur sensibilité intrinsèque à la dissolution, se voient rattachées aux zones de densité d'indices moyenne.

Le classement des lithologies en sensibilité à l'effondrement, effectué à partir de la densité d'indices et des recoupements effectués, est récapitulé dans l'illustration 13.

Groupes lithologiques non sensibles	Groupes lithologiques peu sensibles	Groupes lithologiques sensibles
Alluvions récentes et basse terrasse	Formations de versant non identifiées	Crétacé altéré et formations détritiques tertiaires
Cénomanién	Formations de versant issues de Turonien	Formations de versant issues de formations tertiaires
Formations de versant issues de Cénomanién	Limons des plateaux sur Crétacé ou Crétacé altéré	Limons des plateaux sur moyenne et haute terrasses
		Moyenne et haute terrasses
		Turonien (tuffeau, craie et calcaire)
		Craie de Villedieu
		Tertiaire : Calcaires lacustres de Touraine et Sables d'Herbault

Illustration 13 : Sensibilité des groupes lithologiques à la présence d'effondrements localisés liés à des cavités non localisées

L'influence potentielle des fractures sur la présence de cavités naturelles a été abordée au paragraphe 3.1-4. En l'absence d'observations particulière sur la fracturation sur le terrain (par exemple, une couche particulièrement fracturée observée à l'affleurement ou en cavité souterraine), seule la fracturation due aux failles géologiques sera étudiée (illustration 14). Étant donné que ce critère concerne d'éventuelles cavités naturelles, les puits de marnière ne feront pas partie des indices étudiés pour celui-ci.

Pour tenir compte de la zone d'influence d'une faille sur la présence de cavités naturelles, les largeurs de tampon autour des failles habituellement utilisées vont de l'ordre de 100 à 500 m. Il apparaît ici qu'un tampon de 500 m (fond marron clair sur l'illustration 14) n'est pas suffisant pour expliquer la localisation des effondrements. En effet, la zone tampon contient 33 des 67 désordres et dolines recensés pris en compte (affaissement et effondrements en dehors de l'effondrement lié à une cave), sur une surface de 22,4 km² et la densité d'effondrements recensés est de :

- 1,47 indices/km² à l'intérieur du tampon ;
- 1,07 indices/km² en dehors.

Avec le seul tampon de 500 m autour des failles, la discrimination entre l'intérieur et l'extérieur de la zone tampon est faible.

Cela est sans doute dû à l'incertitude de localisation des failles masquées par les limons des plateaux et matériaux soliflués, et des failles supposées. Nous tiendrons compte de cette incertitude en ajoutant 500 m à la largeur du tampon pour ces failles (soit un tampon de 1 km). La zone tampon considérée comprend ainsi :

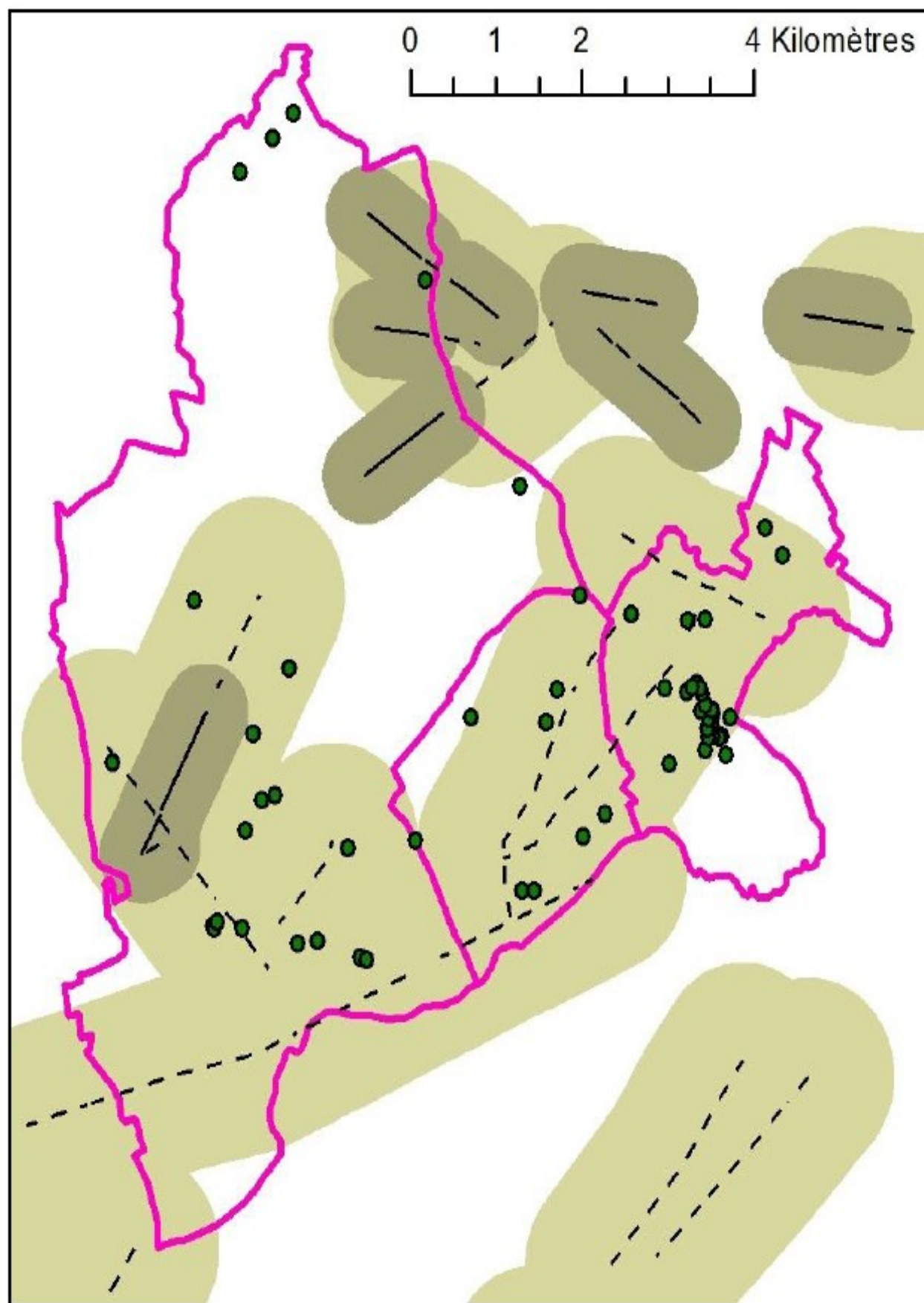
- 500 m autour des failles observées ;
- 1 000 m autour des failles masquées ou supposées.

62 indices recensés (sur les 67 pris en compte) sont présents dans la zone tampon ainsi établie, sur une surface de 35,1 km². La densité de désordres et dolines recensés est de :

- 1,77 indices/km² dans la zone tampon ;
- 0,26 indices/km² en dehors.

Légende de l'illustration 14 :

- Trait noir plein : faille observée (d'après carte géologique au 1/50 000) ;
- Trait noir pointillé : faille masquée ou supposée (d'après carte géologique au 1/50 000) ;
- Fond marron foncé : tampon de 500 m autour des failles observées ;
- Fond marron clair : tampon de 1 km autour des failles masquées ou supposées ;
- Point vert entouré de noir : effondrement recensé ;
- Contour rose : limite des communes étudiées.



C. Niveaux retenus de susceptibilité de présence de cavités non visibles

Une fois les différents critères identifiés, un croisement de ces critères est mené. 4 groupes sont formés :

- groupe 1 : lithologies non sensibles, zones à moins de 75 m d'altitude (100 m d'altitude sur la rive nord-est du Tusson) ;
- groupe 2 : lithologies peu sensibles à sensibles hors zone tampon autour des failles ;
- groupe 3 : lithologies peu sensibles dans la zone tampon autour des failles ;
- groupe 4 : lithologies sensibles dans la zone tampon autour des failles.

Groupe	Surface (ha)	Nombre d'indices	Densité d'indices (/km ²)
1	1 015	0	0
2	1 677	5	0,3
3	864	7	0,8
4	1 870	55	2,9

Un regroupement des groupes 2 et 3 peut être effectué : la densité d'indices d'un tel regroupement est de 0,47 indice/km². Le groupe 4 présente une densité d'indices 6 fois plus importante que ce regroupement, et plus de 3 fois plus importante que le groupe 3 isolé.

En conséquence de cette densité d'indices recensés et au vu des critères établis, **la susceptibilité de présence de cavités non visibles est estimée à intermédiaire pour le groupe 4, basse pour les groupes 2 et 3, et nulle pour le groupe 1.**

3.1-5- Le bilan des aléas et susceptibilités effondrement localisé et affaissement

Il a été retenu un aléa effondrement localisé autour des puits de marnière supposés et des cheminées d'aération de la carrière de la Volonière, sur les caves, sur la carrière de la Volonière, et sur les cavités non visibles autour des indices (effondrements, puits de marnière). Il a été retenu un aléa affaissement au-dessus de la carrière de la Volonière et sur les cavités non visibles autour des indices (effondrements, puits de marnière).

Une potentialité de présence de cavités non visibles est par ailleurs cartographiée sur les 3 communes étudiées (dont une partie en potentialité nulle).

Par croisement de la susceptibilité d'effondrement et de l'intensité, le niveau retenu de l'aléa affaissement est le suivant :

Illustration 14 : Failles géologiques, zone tampon autour de ces failles et effondrements recensés

	Susceptibilité	Intensité	Aléa
Puits P06	Peu sensible	Modérée	Faible
Puits Pts05 et cheminée Pts07	Sensible	Modérée	Moyen
Cheminées Pts01, Pts02, Pts03 et Pts04	Sensible	Elevée	Fort
Caves	Peu sensible	Modérée	Faible
Caves (est et ouest du hameau de Dauvers, autour de EL51)	Sensible	Modérée	Moyen
Carrière de la Volonière (jusqu'à 15 m de profondeur)	Sensible	Modérée	Moyen
Carrière de la Volonière (de 15 m à 25 m de profondeur)	Peu sensible	Modérée	Faible
Carrière de la Volonière (plus de 25 m de profondeur)	Négligeable		Négligeable
Cavités non visibles autour des désordres et dolines	Sensible	Modérée	Moyen
Marnières autour des puits	Peu sensible	Modérée	Faible

Illustration 15 : Niveau d'aléa affaissement retenu

Par croisement de la susceptibilité d'effondrement et de l'intensité, le niveau retenu de l'aléa effondrement localisé est le suivant :

	Susceptibilité	Intensité	Aléa
Cavités non visibles (marnières, karsts) autour des indices	Peu sensible	Limitée	Faible
Carrière de la Volonière	Peu sensible	Limitée	Faible

Illustration 16 : Niveau d'aléa effondrement localisé retenu

3.1-6- La cartographie des aléas et susceptibilités effondrement localisé et affaissement

Pour les puits et cheminées, la zone d'aléa effondrement localisé comprend le diamètre de l'ouvrage (arrondi à 1 m en rayon), le cône d'effondrement attendu autour de l'ouvrage (10 m en rayon pour les puits en intensité élevée ; 6 m pour les autres puits), et l'incertitude de localisation (5 m pour les cheminées d'aération visibles sur orthophoto – 13 m pour les autres ouvrages) et de report sur le support cartographique (3 m).

Pour les caves cartographiées individuellement, la zone d'aléa effondrement localisé comprend, à partir de l'entrée cartographiée, une longueur de 20 m correspondant à la longueur des caves considérée comme potentiellement influente, à laquelle 3 m sont ajoutés pour tenir compte de l'extension du cône d'effondrement en surface (correspondant à un cône de pente égale à 45°, sur une hauteur correspondant à l'épaisseur des terrains déconsolidés de surface estimée par défaut à 3 m). En largeur, la zone d'aléa comprend 4 m de part et d'autre de l'extension en longueur de la cave : 3 m comme précédemment, pour l'extension du cône d'effondrement en surface, et 1 m pour la demi-largeur de la cavité. L'incertitude de localisation des entrées (5 m) ainsi que celle du report sur le support cartographique sont aussi prises en compte (3 m).

Pour les caves cartographiées en groupe, par un linéaire représentant la position des entrées de cave, les mêmes dimensions sont utilisées pour le zonage de l'aléa.

Pour la carrière, la zone d'aléa est définie sur la base de la partie de la cavité susceptible d'amener à des effondrements en surface ; il a été vu précédemment que cette partie se limite aux travaux situés à moins de 25 m de la surface. La surface d'emprise de la carrière est donc découpée pour ne prendre en compte que cette partie. Comme pour les caves, il est ajouté une distance de 3 m pour tenir compte du cône d'effondrement en surface.

Du fait des incertitudes inhérentes à la localisation des cavités et à la représentation cartographique de l'aléa, le zonage de l'aléa s'étend au-delà de la zone d'influence de ces cavités. Pour les cavités dont l'entrée est à flanc de coteau, la limite de l'aléa effondrement côté amont (au-dessus de l'entrée) est délicate à matérialiser sur le terrain ; côté aval, cette limite est aisément identifiable sur le terrain, puisqu'elle repose sur la localisation de l'entrée de la cavité – sous condition d'absence de cavités à un niveau inférieur, pour lesquelles il s'agirait du côté amont. Côté aval, cette limite facilement matérialisée sur le terrain peut apparaître sur les cartes à quelques mètres du coteau, et parfois intégrer une partie de la surface d'une construction lorsque celle-ci est très proche du coteau, alors que celle-ci peut, **dans ces circonstances**, ne pas être effectivement concernée par un risque d'effondrement.

Les cartes d'aléa effondrement localisé et d'aléa affaissement comprennent également la susceptibilité de présence de cavités non visibles et non connues, même si ces zones n'ont pas été retenues pour la cartographie de l'aléa, ce type de cavités pouvant être à l'origine d'un effondrement localisé ou d'un affaissement.

3.2 - L'ALEA ÉBOULEMENT – CHUTE DE BLOCS

Un éboulement est un événement brutal, qui peut être susceptible de porter atteinte à la sécurité des biens et des personnes. La sécurité des personnes peut être mise en cause directement par un événement (présence d'une personne sur la trajectoire d'un bloc, même derrière un abri si celui-ci n'est pas assez résistant) ou indirectement, suite à une instabilité causée au bâti par exemple : la cinétique d'un éboulement ne permet pas toujours d'avoir le temps d'évacuer le bâti suite à un tel phénomène.

3.2-1- Prédiposition aux éboulements et chutes de blocs

Les causes potentielles identifiées des éboulements sont :

- la présence de terrains meubles au-dessus des falaises ;
- la fracturation du rocher au niveau des falaises (liée à la décompression et aggravée par les racines de la végétation actuelle ou ancienne, elle est principalement développée parallèlement aux parois et est donc peu visible même si bien présente) ;
- la présence de blocs en surplomb.

Les entrées de cave augmentent la probabilité d'une instabilité sur une paroi rocheuse, du fait du risque d'effondrement du toit au niveau de l'entrée et de la redistribution des contraintes dans le massif autour de la cavité, qui peut perturber l'équilibre précaire de certains blocs. La présence de caves constitue donc un facteur de prédisposition. En revanche, le nombre de caves (cave isolée ou caves rapprochées) ne semble pas être un facteur de prédisposition important.

Au niveau des falaises, **la susceptibilité d'éboulement est peu sensible en l'absence de cave, et sensible en présence d'une ou plusieurs caves.**

La présence d'un mur maçonné au niveau de certaines entrées de caves peut empêcher ce type de phénomène, dans la mesure où le mur a été réalisé de telle sorte qu'il soutienne la falaise.

3.2-2- Intensité du phénomène

La majeure partie des éboulements observés ne concerne que des matériaux meubles mêlés à des pierres (volume < 0,1 m³) pour un volume d'ensemble de 1 à quelques m³ (voir photographie 13). Occasionnellement, quelques pierres plus importantes sont emportées, jusqu'à des blocs de dimension métrique (voir photographie 14). Un éboulement d'ensemble a été recensé.

La hauteur des parois, au maximum de 5 à 6 m, soit 4 m au-dessus des entrées de cave, limite cependant l'amplitude du phénomène. Le volume potentiellement déplacé lors d'un éboulement serait d'un à quelques mètres cubes. **L'intensité retenue est modérée.**



Photographie 13 : Éboulements sur les communes de Ruillé-sur-Loir et Ponce-sur-le-Loir © BRGM - Romain Cochery

À gauche : un éboulement ancien de matériaux meubles à Dauvers (commune de Ruillé-sur-Loir) ; noter la présence d'une pierre de dimension décimétrique en bas à droite de la photographie ; à droite : chute de terre récente à Ponce-sur-le-Loir, la végétation n'a pas encore recouvert la zone d'origine de la terre



Photographie 14 : Chutes de blocs sur les communes de Ruillé-sur-Loir et Ponce-sur-le-Loir © BRGM - Romain Cochery

À gauche : un bloc de dimension métrique est progressivement arrivé jusqu'au mur de la maison (lors du mouvement initial, il était resté à environ 1 m du mur) ; à droite : un bloc d'environ 0,2 m³ s'est arrêté à un mètre du bord de la route

3.2-3- Niveau d'aléa éboulement – chute de blocs retenu

Par croisement de la susceptibilité et de l'intensité, le niveau d'aléa retenu est faible en l'absence de cave, et moyen en présence de caves.

Au vu de la hauteur des falaises, limitée à 5 à 6 m, dans le cas d'un éboulement, les matériaux éboulés n'auront pas assez d'énergie pour se propager à grande distance. La zone d'aléa se limite donc à 10 m au pied de la falaise. Un tampon de 3 m est ajouté autour de cette zone d'arrivée potentielle de blocs, correspondant à l'incertitude de report cartographique.

3.3 - L'ALEA GLISSEMENT DE TERRAIN

Un glissement de terrain est un événement dont la cinétique peut être variée, en fonction des terrains et de l'abondance de l'eau impliquée (de l'ordre de quelques mètres par jour⁸ à quelques millimètres par an), qui peut être susceptible de porter atteinte à la sécurité des biens et des personnes. La sécurité des personnes n'est normalement pas mise en cause directement par un événement d'une ampleur telle qu'on pourrait rencontrer sur les communes de Lavenay, Ponce-sur-le-Loir et Ruillé-sur-Loir, mais elle pourrait être mise en cause indirectement, suite à une instabilité causée au bâti par exemple. Toutefois, la cinétique d'un glissement de terrain peut généralement permettre d'évacuer le bâti suite à un tel phénomène, ou au cours de celui-ci. L'accumulation d'eau (infiltration, eaux souterraines) dans une zone de glissement de terrain en cours ou passé peut amener au départ d'une coulée boueuse, plus rapide que le glissement initial.

⁸Les événements plus rapides sont dus à une perte de cohérence globale, en présence d'une grande quantité d'eau ; il s'agit alors de coulées de boue ou de laves torrentielles, dont le comportement global est visqueux à fluide.

3.3-1- Prédiposition aux glissement de terrain

Les paramètres de prédiposition aux glissements de terrain sont :

- la pente : au sein même d'une formation géologique, *toutes choses égales par ailleurs*, plus la pente est prononcée, plus le risque de glissement est élevé ;
- la nature des sols : les terrains argileux sont moins perméables que les sables et favorisent la rétention d'eau souterraine ; ils sont donc plus sensibles aux phénomènes de glissement que les terrains pulvérulents ;
- l'eau : c'est presque toujours l'élément moteur des glissements. Les problèmes dans la prise en compte de ce facteur sont d'une part que les circulations d'eau dans le sol sont par nature hétérogènes et localisées, et d'autre part qu'elles varient dans le temps (surtout dans les aquifères en proche-surface et dans les réseaux karstiques), rendant l'observation sur le terrain souvent incomplète.

Deux autres paramètres peuvent également jouer un rôle :

- 1) le facteur anthropique tels que les terrassements, la gestion des eaux de surface, voire le déboisement ;
- 2) la météo peut jouer un rôle déclenchant de même que les variations géographiques de la pluviométrie moyenne qui peuvent jouer un rôle à long terme. Il n'est cependant pas d'usage d'introduire ce paramètre sous nos climats tempérés.

Dans ces conditions, on retiendra que les deux critères utilisables principaux pour une cartographie sont la géologie qui dépend directement de l'interprétation des cartes géologiques à 1/50 000 et la pente qui, en l'occurrence, est celle donnée par le Modèle Numérique de Terrain de l'IGN au pas de 25 m. Les éléments d'hydrogéologie connus sont aussi pris en compte.

Les deux glissements avérés sont situés au niveau des Sables du Perche (GI01) et des alluvions récentes (GI02). Les deux glissements suspectés sont situés l'un dans les colluvions et alluvions de fond de vallon, et l'autre dans les Sables du Perche.

L'horizon aquifère des Sables du Perche contient une nappe, ce qui explique qu'au contact entre cet horizon et le sol, dans un terrain en pente, des glissements aient pu se produire. Ces zones de contact sont donc les lieux privilégiés de glissement dans le territoire étudié. Les sources recensées indiquent que l'eau souterraine peut également circuler dans les couches supérieures, et pas uniquement dans les Sables du Perche.

3.3-2- Intensité du phénomène

Les glissements observés sont superficiels, d'intensité limitée. Compte-tenu des lithologies, il n'est pas attendu de glissement profond : seule la couche superficielle serait concernée par un mouvement de terrain de ce type. **L'intensité retenue est donc limitée.**

3.3-3- Niveau d'aléa glissement de terrain retenu

Par croisement de la prédiposition et de l'intensité, **le niveau de l'aléa glissement de terrain retenu est faible.**

3.4 – CARTOGRAPHIE DES ALEAS MOUVEMENT DE TERRAIN ET DE LA SUSCEPIBILITÉ DE PRÉSENCE DE CAVITÉS NON VISIBLES

Les aléas mouvement de terrain ont été cartographiés à l'échelle du 1/5 000, séparément pour chaque phénomène évalué. Les emprises géographiques des cartes informatives ont été utilisées à nouveau. Les cartes d'aléa des zones non couvertes par l'aléa concerné n'ont pas été produites et sont donc absentes de la numérotation.

La liste des cartes d'aléa est la suivante :

- Planche 6 : Carte de l'aléa effondrement localisé sur Lavenay ;
- Planche 7 : Carte de l'aléa effondrement localisé sur Poncé-sur-le-Loir ;
- Planche 8 : Carte de l'aléa effondrement localisé sur Ruillé-sur-Loir (partie sud) ;
- Planche 9 : Carte de l'aléa effondrement localisé sur Ruillé-sur-Loir (partie centrale) ;
- Planche 10 : Carte de l'aléa effondrement localisé sur Ruillé-sur-Loir (partie nord) ;
- Planche 11 : Carte de l'aléa affaissement sur Lavenay ;
- Planche 12 : Carte de l'aléa affaissement sur Poncé-sur-le-Loir ;
- Planche 13 : Carte de l'aléa affaissement sur Ruillé-sur-Loir (partie sud) ;
- Planche 14 : Carte de l'aléa affaissement sur Ruillé-sur-Loir (partie centrale) ;
- Planche 15 : Carte de l'aléa affaissement sur Ruillé-sur-Loir (partie nord) ;
- Planche 16 : Carte de l'aléa éboulement – chute de blocs sur Poncé-sur-le-Loir ;
- Planche 17 : Carte de l'aléa éboulement – chute de blocs sur Ruillé-sur-Loir (partie sud) ;
- Planche 18 : Carte de l'aléa glissement de terrain sur Lavenay ;
- Planche 19 : Carte de l'aléa glissement de terrain sur Poncé-sur-le-Loir ;
- Planche 20 : Carte de l'aléa glissement de terrain sur Ruillé-sur-Loir (partie sud) ;
- Planche 21 : Carte de l'aléa glissement de terrain sur Ruillé-sur-Loir (partie centrale) ;
- Planche 22 : Carte de l'aléa glissement de terrain sur Ruillé-sur-Loir (partie nord).

Les cartes d'aléa effondrement localisé reprennent également la susceptibilité de présence de cavités non visibles (voir paragraphe 3.1-4).

4. CONCLUSION

La collecte des données effectuée a permis de recenser et cartographier, sur les trois communes :

- des cavités clairement identifiées :
 - o une carrière, accessible depuis de multiples entrées de galeries, aérée par 5 cheminées retrouvés en surface,
 - o deux puits supposés être des puits de marnière,
 - o 21 caves isolées, 49 groupes de caves ;
- des mouvements de terrain :
 - o 57 effondrements localisés,
 - o 1 affaissement,
 - o 2 dolines suspectées,
 - o 1 éboulement d'ensemble (les chutes de matériaux meubles n'ont pas été recensées systématiquement),
 - o 3 glissements de terrain dont 2 avérés et 1 suspecté (un autre glissement a été recensé sur une commune voisine).

La carte informative réalisée comporte ces différents éléments recensés, ainsi qu'une cartographie des terrains en pente.

Les effondrements localisés sont les témoins de cavités souterraines inconnues (tant en localisation qu'en nature et géométrie). Celles-ci, précédemment classées systématiquement en tant que marnières, pourraient être en partie des cavités de dissolution du tuffeau. Le classement dans l'un ou l'autre de ces types de cavités est très difficile à réaliser à partir de la seule observation des désordres en surface ; la carte informative ne comporte ainsi que des « effondrements localisés », sans mention du type de cavité sous-jacente qui est trop incertain.

Les aléas mouvements de terrain liés aux cavités et coteaux ont été étudiés à partir de ces informations compilées. Les phénomènes concernés sont : l'effondrement et l'affaissement au toit des cavités, la chute de blocs au niveau des falaises et le glissement de terrain au niveau des terrains en pente.

L'aléa effondrement localisé est lié aux caves, carrières et puits (aération de carrière et accès à des marnières) observés ainsi qu'à des cavités non visibles (marnières ou karsts). Concernant les cavités non visibles, l'aléa n'a été déterminé qu'autour des indices renforçant l'hypothèse de présence d'une cavité souterraine. Une susceptibilité de présence de cavités non visibles et non connues a été en outre déterminée pour compléter la connaissance de l'aléa sur la commune en dehors des seules cavités connues.

La cartographie de l'aléa chute de blocs est effectuée à partir de la position des falaises ; elle intègre une zone d'épandage des matériaux éboulés limitée à une dizaine de mètres au pied des falaises. Le niveau d'aléa correspondant repose principalement sur la présence ou non d'entrées de caves dans ces falaises.

5. DETERMINATION DES ENJEUX

Cette phase consiste à identifier et évaluer les enjeux sur le territoire communal de Ruillé sur Loir, Poncé sur le Loir et Lavenay qui sont soumis au risque de mouvements de terrain. On désigne par enjeux d'un territoire, les personnes, biens et activités présents sur la zone étudiée, susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel et de subir des dommages ou des préjudices. Par extension, sont inclus également dans les enjeux, les ouvrages ou fonctions susceptibles de diminuer (tel qu'un établissement de gestion de crise) ou d'aggraver (tels que des réseaux de gaz) les conséquences d'un événement.

L'étude ne vise pas à apprécier la capacité des biens et des personnes à résister à la manifestation d'un phénomène pour un aléa retenu mais à dénombrer et à spécifier la nature de ceux-ci. Aussi, leur analyse est effectuée indépendamment de l'intensité de l'aléa.

L'identification et la qualification des enjeux permet d'assurer la cohérence entre les objectifs de prévention des risques et les dispositions qui seront retenues. Elle sert donc d'interface avec la carte des aléas pour délimiter le plan de zonage réglementaire, préciser le contenu du règlement et formuler un certain nombre de recommandations sur les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.

La méthodologie retenue a permis de définir les enjeux à partir d'une recherche documentaire de l'ensemble des éléments d'information détenus par les services de l'État, de l'examen du document d'urbanisme de Ruillé sur Loir et du retour attendu des communes sur ce document. La carte vise à délimiter les espaces urbanisés, des espaces naturels (peu ou pas urbanisés).

Les espaces urbanisés comprennent les bourgs, les zones périphériques au bâti moins dense (lotissements..) et les hameaux. Les zones naturelles sont principalement associées aux activités agricoles, viticoles et forestières. Ainsi on trouvera les zones de cultures, prairies, pâturage, vignes, boisements et forêts. Ont également été inventoriés les plans d'eau et les étangs, ainsi qu'une ancienne carrière exploitée en champignonnière et abandonnée par la suite.

Il s'agit donc de l'analyse des enjeux existants et futurs des secteurs couverts par l'aléa qui feront potentiellement l'objet d'une réglementation. Ainsi, l'étude permettra de délimiter les espaces urbanisés et d'urbanisation projetée, de recenser les infrastructures et les équipements sensibles et d'identifier les espaces naturels.

5.1 - LES ESPACES URBANISÉS ET D'URBANISATION PROJETÉE

Les zones urbanisées des communes de Ruillé sur Loir, de Poncé sur le Loir et du hameau de Pont de Braye à Lavenay se sont développées principalement le long de la rive nord du Loir, parfois à flanc de coteau. Deux autres zones urbanisées se dessinent à l'arrière sur les plateaux, il s'agit du bourg de Lavenay et du hameau de Dauvers appartenant à la commune de Ruillé sur Loir.

Au dernier recensement de 2013, les communes comptaient respectivement 1316 habitants à Ruillé sur Loir, 392 habitants à Poncé sur le Loir et 359 à Lavenay répartis principalement dans les zones urbanisées. En terme d'habitations soumises aux aléas mouvements de terrain et zone de susceptibilité de présence de cavités pouvant entraîner des effondrements localisés ou des affaissements, cela représente 285 bâtiments dont 194 logements à Ruillé sur Loir, 131 bâtiments dont 106 logements à Poncé sur le Loir et 109 bâtiments dont 89 logements à Lavenay.

Dans ces zones urbanisées, on recense également du patrimoine historique classé ou inscrit notamment à Ruillé sur Loir et à Poncé sur le Loir. Toutefois, le manoir de l'Aurière et l'église Saint Pierre et Saint Paul de Ruillé sur Loir n'étant pas couverts par des aléas mouvements de terrain, ils ne sont pas retenus dans les enjeux. Reste dans le périmètre du PPRMT : le Château de Poncé et l'église Saint Julien, tous deux situés sur la commune de Poncé sur le Loir.

Liste des monuments historiques classés ou inscrits

Château de Poncé	Poncé-sur-le-Loir	8 rue des Coteaux	Classé Classé Inscrit Classé	1928 1989 1996 1999	
Église Saint-Julien de Poncé-sur-le-Loir	Poncé-sur-le-Loir	7-9 chemin de l'Église	Classé	1891	

Du point de vue de la gestion des sols et des projets d'extension des communes, seule la commune de Ruillé sur Loir possède un POS approuvé le 24 septembre 1999 dont la révision en PLU (Plan Local d'Urbanisme) a été prescrite le 28 juillet 2006. Cette étude n'ayant pas encore débuté, l'étude des enjeux du PPRMT s'est appuyée sur le zonage de l'ancien POS, celui-ci signalait déjà des zones de mouvements de terrain issus de l'atlas départemental des mouvements de terrain de la Sarthe de 1990.

Ainsi, on notera une susceptibilité intermédiaire de présence de cavité pouvant entraîner des effondrements localisé ou des affaissements couvrants la zone NAa de la Brunetière au nord du bourg et la zone NB au Clos des Hauts Sablons à l'ouest du bourg. La zone NB située au hameau de Dauvers n'est toutefois concernée que sur la partie nord de la zone par une susceptibilité basse de présence de cavités pouvant entraîner des effondrements localisés ou des affaissements.

Sur la commune de Poncé sur le Loir, l'ensemble du bourg est soumis aux aléas mouvements de terrain. La commune de Lavenay est affectée par les aléas mouvements de terrain principalement au niveau du hameau de la Vallée de la Flotte ainsi que dans la partie nord-est du bourg.

5.2 - LES INFRASTRUCTURES ET LES ÉQUIPEMENTS PUBLICS

Il est nécessaire d'identifier tout ce qui contribue à la sécurité des personnes, à la protection des biens et à la gestion de crise, comme : les voies de circulation (voies ferrées, routes, etc...) structurantes, existantes ou en construction ; les voies de desserte locale de l'habitat et des équipements ; les établissements recevant du public (ERP) exposés ou non aux aléas et éventuellement susceptibles d'accueillir la population sinistrée (écoles, salle des fêtes...) ; les équipements sensibles ou stratégiques tels que les centres de secours ; les réseaux aériens électriques et téléphoniques ainsi que les réseaux enterrés d'eau et de gaz qui constituent, pour l'aléa cavité, des structures susceptibles d'engendrer, suite à une rupture, un sur-accident.

Parmi les enjeux linéaires (les infrastructures et les réseaux) affectés par les aléas mouvements de terrain, on trouve une conduite de gaz de diamètre 100 mm qui va de Bessé sur Braye à la Chartre sur le Loir et traverse les communes de Ruillé sur Loir, Poncé sur le Loir et Lavenay. On peut également noter un secteur vulnérable aux aléas glissement de terrain pour la ligne SNCF reliant Bessé sur Braye à Château du Loir (qui ne transporte plus de voyageur, mais uniquement des marchandises) et la route départementale 305 au niveau de Poncé sur le Loir à proximité de la limite communale avec Lavenay.

Bien que les trois communes disposent d'un certain nombre d'établissements recevant du public et d'établissements sensibles, seul un ERP situé au lieu-dit Dauvers sur la commune de Ruillé sur Loir est touché par une susceptibilité basse de présence de cavités pouvant entraîner des effondrements localisés ou des affaissements, il s'agit du café-épicerie de Dauvers.

5.3 - LES ESPACES NATURELS ET LES ESPACES NON DIRECTEMENT EXPOSÉ AUX RISQUES

Les communes de Ruillé sur Loir, Poncé sur le Loir et Lavenay sont concernées par le Plan de Prévention du Risque Naturel Inondation de la rivière le Loir approuvé le 17 décembre 2010. Le PPRI du Loir retient pour principes d'interdire les implantations humaines dans les zones les plus dangereuses, de préserver les capacités d'écoulement et d'expansion des eaux et de sauvegarder l'équilibre des milieux concernés par des crues. Comme la ligne de coteau suit le lit de la rivière le Loir, les zonages des deux plans de prévention des risques peuvent se chevaucher par endroits, c'est le cas notamment à Poncé sur le Loir.

Les territoires communaux sont couverts par plusieurs Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique – ZNIEFF de type 1 et 2 (ancienne et nouvelle génération) et d'un site NATURA 2000. Seules, les ZNIEFF et le site NATURA 2000 soumis aux aléas mouvements de terrain ont été inventoriés dans la liste suivante :

ZNIEFF de Type 1 (1ère et 2ème générations), Type 2 (1ère et 2ème générations) et site NATURA 2000			
40050012 40050000	Coteaux du Loir de Ruillé sur Loir à Pont de Braye et carrière souterraines de la Volonnière Vallée du Loir de Pont de Braye à Bazouges sur le Loir	Ruillé sur Loir Poncé-sur-le-Loir Lavenay	
40860000 00004086	Étang de Hauteville Étangs de Hauteville	Ruillé sur Loir	

42090007	Chemin communal de Hauteville à Chanteloup	Ruillé sur Loir	
40870000 00004087	Étang de la Durtière Étangs du Pas de bœuf à la Durtière	Ruillé sur Loir	
42090000	Pelouses, talus et fossés de bords de routes ou de chemins	Ruillé sur Loir	
40050012	Coteau du Loir au sud du Château de la Flotte	Poncé-sur-le-Loir	
40050046	Chemin de la Botterie à la Flotte	Lavenay	
40050043 Site NATURA 2000	Carrière souterraine de la Volonnière	Ruillé sur Loir Poncé-sur-le-Loir	DOCUMENT D'OBJECTIFS NATURA 2000 Site FR5200651 SOUTERRAIN DE LA VOLONNIERE (PONCE-SUR-LE-LOIR – SARTHE) JUN 2003  

Parmi ces sites, le secteur des coteaux du Loir de Ruillé sur Loir à Pont de Braye avec la carrière souterraine de la Volonnière, représente plusieurs cavités souterraines artificielles creusées dans le tuffeau, composées de galeries utilisées lors de l'hivernage par de nombreuses espèces de chiroptères (plus de 200 animaux appartenant à 11 espèces différentes) protégées au niveau national, inscrites à la Directive communautaire "Habitats, faune, flore" ainsi que sur le Livre Rouge de la Faune menacée en France. En bon état de conservation, la carrière souterraine ne connaît pas de fréquentation susceptible de mettre en péril son intérêt. La seule menace pourrait venir d'un effondrement des galeries.

Les communes de Ruillé sur Loir et Poncé sur le Loir font partie de l'aire géographique des Coteaux du Loir qui s'étend sur 16 communes de la Sarthe et 6 d'Indre et Loire. L'AOC Jasnières est imbriquée dans cette aire, mais exclusivement sur les communes de Lhomme et Ruillé sur Loir. Le sous-sol de tuffeau y est partout creusé de caves fraîches et humides dans lesquelles le vin est stocké.



*Vignes et caviars témoins de l'activité viticole
Commune de Ruillé sur Loir*



TRADUCTION RÉGLEMENTAIRE

Le croisement entre les aléas et les enjeux aboutit au zonage réglementaire, qui permet d'atteindre les objectifs recherchés par le PPRMT en définissant des zones sur lesquelles s'appliqueront des prescriptions et des recommandations dans les domaines de l'urbanisme et de la prévention, que ce soit pour les zones bâties ou non bâties.

1. OBJECTIFS ATTENDUS DE LA RÉGLEMENTATION

A l'issue de l'étude des enjeux, trois objectifs sont clairement identifiés :

- limiter la population exposée aux risques,
- ne pas geler l'urbanisation existante,
- préserver le patrimoine et l'environnement (viticulture).

Pour atteindre ces objectifs, les enjeux sont regroupés en deux familles :

- **les zones urbanisées** qui comprennent le tissu urbain continu et le bâti diffus. En d'autres termes, il s'agit des zones urbaines, des zones d'activités, des zones naturelles bâties ainsi que les établissements recevant du public (ERP), les établissements sensibles et les infrastructures lorsque ces enjeux sont situés dans une de ces zones ;
- **les zones non urbanisées** qui correspondent aux zones d'urbanisation future, aux zones agricoles, aux zones naturelles, ainsi qu'aux infrastructures lorsqu'ils sont couverts par l'une de ces zones.

2. DIFFÉRENTES ZONES RÉGLEMENTAIRES

Classiquement, deux types de zones sont réglementées dans les PPRMT. Les zones R, de couleur rouge, sont inconstructibles. Les zones B, de couleur bleue, sont constructibles sous conditions. Outre cette disposition vis-à-vis de l'urbanisme futur, chaque zone peut se voir affecter des dispositions complémentaires, en fonction des objectifs recherchés en terme de prévention par le PPRMT.

La définition de ces zones est issue du croisement des aléas et des enjeux, selon une matrice qui tient également compte des objectifs recherchés.

Il s'agit donc du croisement entre l'ensemble des aléas allant de fort à faible vis-à-vis d'un effondrement localisé, d'une chute de blocs, de glissement ou encore d'affaissement avec les secteurs identifiés par les enjeux comme étant soit du tissu urbain continu et du bâti diffus, soit des zones dites naturelles qui englobent tous les secteurs non bâtis. Le tableau suivant précise ce croisement.

Aléas	Tissu urbain continu et bâti diffus	Zones naturelles (toutes les autres zones non bâties)
Aléa fort effondrement localisé	R4	R4
Aléa moyen effondrement localisé	R3	R4
Aléa moyen chute de blocs	R3	R4
Aléa faible effondrement localisé	B2	B2
Aléa faible chute de blocs	B2	B2
Aléa faible glissement	B2	B2
Aléa faible affaissement	B2	B2
Susceptibilité intermédiaire	B1	B1
Susceptibilité basse	B1	B1

Ainsi, selon l'intensité de l'aléa et la famille d'enjeux se distinguent les quatre zones suivantes :

- La zone R4 (zone d'aléa fort à moyen) concerne :

- en zone urbaine, les terrains soumis à un aléa qualifié de fort vis-à-vis d'un effondrement localisé ;
- en zone non urbaine, les terrains soumis à un aléa fort à moyen vis-à-vis d'un effondrement localisé et d'un aléa moyen vis-à-vis de chutes de blocs,

- La zone R3 (zone d'aléa moyen) concerne, en zone urbaine, les terrains soumis à un aléa moyen vis-à-vis d'un effondrement localisé et/ou de chute de blocs .

- La zone B2 (zone d'aléa faible) concerne les terrains soumis à un aléa faible vis-à-vis d'un effondrement localisé et/ou de chutes de blocs et/ou de glissement – affaissement.

- La zone B1 (zone de susceptibilité) concerne des terrains où la susceptibilité de présence de cavités non visible est basse ou intermédiaire. Cette zone a été déterminée autour des indices renforçant l'hypothèse de présence de cavités souterraines.

Tableau : matrice de définition des zones réglementaires

	Zone urbanisée	Zone non urbanisée
Aléa fort	R4	
Aléa moyen	R3	R4
Aléa faible	B2	
Zone de susceptibilité	B1	

3. GRANDS PRINCIPES RÉGLEMENTAIRES

3.1 – LES ZONES ROUGES

Les zones rouges sont couvertes par une intensité d'aléa telle que la mise en œuvre de mesures de protection conséquentes est indispensable pour la sécurisation des personnes et des biens. Cette sécurisation nécessite en général des investissements coûteux presque impossibles à supporter par des particuliers et difficilement gérables par une collectivité.

L'implantation de nouvelles constructions ou d'extensions de constructions existantes y est donc interdite.

- La zone R4 :

Il s'agit d'une zone soumise à un aléa qualifié de fort à moyen en zone non urbaine et fort en zone urbaine.

Des effondrements localisés peuvent se produire au niveau des cheminées d'aération de la carrière de la Volonière ainsi que dans la partie de la carrière située à moins de 15 m de la surface. Le coteau présente un risque d'éboulement et de chutes de blocs en présence de caves.

Bien que la matrice de définition des zones réglementaires classe en zone R4 la zone urbanisée soumise à un aléa fort, actuellement aucune construction dans l'emprise du PPRMT de Ruillé sur Loir_Poncé sur le Loir et Lavenay n'est couverte par un aléa fort.

Aussi, des mesures d'évacuation ne s'imposent pas, toutefois, il est nécessaire de ne pas développer les enjeux humains et économiques sans mesures de protection adaptées dans cette zone. Le règlement y interdit donc toute construction nouvelle, ainsi que les excavations de toutes natures dans une bande de 20 m du rebord du coteau.

- La zone R3 :

Il s'agit d'une zone soumise à un aléa qualifié de moyen en zone urbaine.

En zone urbaine, le coteau présente des risques d'éboulement et de chutes de blocs, notamment en présence d'une ou plusieurs caves. En plateau, les zones de bâti diffus sont concernées par des effondrements localisés autour des indices de cavités non visibles (effondrements et puits de marnière supposés).

Il est important dans cette zone de limiter les enjeux humains et économiques sans mesure de protection adaptée afin de ne pas augmenter le nombre de personnes soumises au risque ;

Ainsi dans cette zone, l'extension des constructions existantes limitée à 20 m2 de surface de plancher, l'aménagement de combles ou encore la reconstruction après sinistre (sauf pour les ERP de catégories 1, 2 et 3) sont autorisés sous réserve d'une attestation de l'architecte du projet ou d'un expert agréé certifiant la réalisation d'une étude préalable permettant de déterminer les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation du projet et constatant que celui-ci prend en compte ces conditions au stade de la conception. De plus, dans une bande de 20 m à compter du rebord du coteau, les excavations de toutes natures sont interdites.

3.2 – LES ZONES BLEUES

Dans les zones bleues, eu égard à l'aléa existant, les mesures de protection sont économiquement plus supportables par les collectivités voire par les particuliers. La constructibilité n'y est donc pas interdite, mais doit être assortie de mesures définies en fonction des objectifs recherchés par le PPRMT.

- **La zone B2 :**

Il s'agit d'une zone soumise à un aléa faible en zone urbaine et en zone non urbaine.

Des effondrements localisés et des affaissements peuvent apparaître au-dessus des caves (jusqu'à 20m des entrées), au niveau de la carrière de la Volonière à une profondeur comprise entre 15 à 25 m, mais également autour des puits de manière supposés. Le coteau, en l'absence de caves, présente des risques d'éboulement et de chutes de blocs. Les terrains en pente sont concernés par les glissements de terrain.

Il est possible dans cette zone d'augmenter les enjeux humains, sous réserve de mettre en œuvre des mesures de protection adaptées.

Toute installation, construction, occupation du sol est soumise à l'attestation de l'architecte du projet ou d'un expert agréé certifiant la réalisation d'une étude préalable permettant de déterminer les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation du projet et constatant que celui-ci prend en compte ces conditions au stade de la conception. Le projet doit également respecter des conditions d'étanchéité des réseaux d'eau et d'assainissement et l'entretien des parcelles afin de limiter les phénomènes de ruissellement des eaux en direction du coteau. Dans une bande de 20 m à partir du rebord du coteau, les piscines enterrées ou hors-sol ainsi que les excavations de toutes natures sont interdites.

- **La zone B1 :**

Il s'agit d'une zone de susceptibilité de présence de cavités non visibles et non connues.

Les enjeux de quelque nature qu'ils soient (humains, économiques, etc...) peuvent y être augmentés sans limitation, en respectant toutefois certaines mesures destinées à prévenir le risque de mouvement de terrain.

Dans une bande de 50 m à compter du rebord du coteau, tous les projets de constructions, installations et occupations du sol sont soumis aux conditions d'étanchéité des réseaux et de limitation du phénomène de ruissellement des eaux en direction du coteau. Dans une bande de 20 m à partir du rebord du coteau, les piscines enterrées ou hors-sol ainsi que les excavations de toutes natures sont interdites.

Enfin sur l'ensemble de la zone, la probabilité d'existence d'une cavité souterraine est faible mais non nulle. Il est donc recommandé au pétitionnaire de s'assurer, par la réalisation d'une enquête préalable (recherche de témoignages, de désordres de surface,...), qu'il n'existe aucun indice de présence de cavité au droit de la zone de construction. En cas de doute, il est conseillé de recourir à une étude géotechnique.

3.3 – LES MESURES RENDUES OBLIGATOIRES OU RECOMMANDÉES

Ces mesures concernent soit l'ensemble des zones réglementées, soit certaines d'entre elles. Il s'agit de mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui peuvent être applicables aux biens existants.

Elles peuvent s'appliquer aux gestionnaires publics (l'État, les collectivités territoriales) ou aux propriétaires privés. On distingue des mesures obligatoires, qui doivent être mises en œuvre dans les cinq ans à compter de l'approbation du PPRMT, et des mesures recommandées.

Seules les mesures obligatoires sont susceptibles d'être financées partiellement par le fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM). Dans le cas de mesures applicables aux biens existants, leur réalisation ne s'impose que dans la limite d'un coût fixé à 10 % de la valeur vénale ou estimée du bien en application de l'article 5 du décret n°95-1089 du 5 octobre 1995.

Parmi ces mesures, en domaine public, le contrôle des vides accessibles et du coteau sont rendues obligatoires en zone rouge et recommandées en zone bleue.

Dans le cadre des mesures obligatoires, tout espace accessible au public situé en zone rouge doit signaler le danger potentiel de mouvement de terrain.

Pour les particuliers, les mesures obligatoires visent à réduire le phénomène d'érosion touchant le front de coteau ainsi que la maîtrise de l'étanchéité des réseaux d'adduction d'eau potable, d'évacuation des eaux usées et pluviales. Sur les biens existants, les mesures obligatoires concernent la mise en sécurité des citernes à gaz.

Une mesure plus spécifique à la carrière de la Volonière, concerne la fermeture des accès non sécurisé pour le public tout en restant accessibles aux interventions de services spécialisés et en préservant les enjeux du site NATURA 2000.

Des mesures sont recommandées pour la maîtrise de l'état des réseaux de distribution de gaz et plus spécifiquement de la conduite BESSE SUR BRAYE-LA CHARTRE SUR LE LOIR, l'entretien du coteau et des caves, la réalisation d'une accessibilité de l'habitat par un cheminement exposé au risque minimum ainsi que la réalisation d'études et de travaux de protection des biens et des personnes.