



Liberté • Egalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Préfet de l'Orne

LA PRÉFÈTE
Françoise TAHÉRI

Plan de Prévention des Risques Naturels de Mouvements de Terrain de Courgeon

Rapport de présentation



Maître d'ouvrage : Etat - DDT Orne

Réalisation : Alp'Géorisques



Référence	Définitive	Version	1.3
Date	Avril 2020	Édition	10/12/2020 18/11/2019

ALP'GEORISQUES - Z.I. - 52, rue du Motrod - Bâtiment Magbel - 38420 DOMENE - FRANCE
Tél. : 04-76-77-92-00 Fax : 04-76-77-55-90 - sans au capital de 18 300 €
Siret : 380 934 216 00025 - Code A.P.E. 7112B - N° TVA Intracommunautaire : FR 70 380 934 216
Email : contact@alpdgeorisques.com - Site Internet : <http://www.alpdgeorisques.com/>

Identification du document

Projet	Plan de Prévention des Risques Naturels de Mouvements de Terrain de Courgeon	
Titre	Rapport de présentation	
Document	rapport_presentation_PPRN_definitif.odt	
Référence	Définitive	
Proposition n°	1507113	Référence commande
Maître d'ouvrage	Etat - DDT Ome	
Bureau d'études	Alp'Géorisques	

Modifications

Version	Date	Description	Auteur	Vérifié par
1.0	Septembre 2019	Document provisoire	EP	DMB
1.1	Novembre 2019	Document provisoire relecture DDT61	DDT61	EP
1.2	01/12/19	Document provisoire validation remarques DDT61	EP	
1.3	01/04/20	Document provisoire remarques DDT61 (changement indice « F » en « E »)	EP	

Diffusion

Chargé d'études	Eric PICOT	04 76 77 92 00	eric.picot@alpageorisques.com	Diffusion	
				Papier	Numerique
					✓

Archivage

N° d'archivage (référence)	Définitive – version approuvée	
Titre	Rapport de présentation	
Département	61	
Commune(s) concerné(s)	Courgeon	
Cours d'eau concerné(s)		
Région naturelle	Perche	
Thème	PPRN Mouvements de Terrain	
Mots-clés	Mouvements de terrain - Cavités souterraines - PPRN Courgeon (61)	

SOMMAIRE

I. PRÉAMBULE.....	7
1.1. Objet du PPRN.....	7
1.2. Prescription du P.P.R.N.....	7
1.3. Périmètre de la zone d'étude du PPRN.....	8
1.4. Contenu des PPRN.....	9
1.5. Approbation et révision du P.P.R.N.....	10
II. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	12
11.1. Cadre géographique et contexte communal.....	12
11.1.1. Situation géographique.....	12
11.1.2. Contexte communal.....	13
11.1.3. Réseau hydrographique.....	13
11.2. Contexte géologique.....	14
11.2.1. Formations sédimentaires de surface.....	14
11.2.2. Formations superficielles de couverture.....	15
III. PRÉSENTATION DES DOCUMENTS TECHNIQUES.....	16
III.1. Phénomènes naturels et définitions.....	16
III.1.1. Phénomènes naturels pris en compte.....	16
III.1.1.1. Effondrement de cavité souterraine.....	16
III.1.1.1.1. Les fontis.....	17
III.1.1.1.2. Les effondrements en masse.....	17
III.1.1.2. Affaissement de terrain.....	18
III.2. Recherche d'informations et identification des cavités.....	18
III.2.1. Connaissance des phénomènes historiques.....	19
III.2.2. Inventaire des cavités présentes ou suspectées.....	22
III.2.2.1. Carrières du village.....	22
III.2.2.1.1. Carrière principale du village.....	22
III.2.2.1.2. Cavité de la RD10.....	24
III.2.2.2. Investigations de terrain spécifiques au village de Courgeon.....	25
III.2.2.2.1. Prospections géophysiques.....	26
III.2.2.2.1.1. Détection par géoradar.....	26
III.2.2.2.1.1.1. Principe de la méthode géoradar.....	26
III.2.2.2.1.1.2. Apports de la méthode géoradar.....	26
III.2.2.2.1.2. Détection par conductivimétrie.....	28
III.2.2.2.1.2.1. Principe de la méthode par conductivimétrie.....	28
III.2.2.2.1.2.2. Apports de la méthode par conductivimétrie.....	28
III.2.2.2.1.3. Détection par tomographie électrique.....	29
III.2.2.2.1.3.1. Principe de la méthode par tomographie électrique.....	29
III.2.2.2.1.3.2. Apports de la méthode par tomographie électrique.....	29
III.2.2.2.2. Anomalies géophysiques retenues et forages de contrôles.....	30
III.2.2.2.3. Sondages de contrôle.....	31

III.2.2.3.1. Déroulement des sondages.....	31
III.2.2.3.2. Résultats du programme de sondages.....	32
III.2.2.4. Prise en compte des prospections complémentaires du village.....	33
III.2.3. Carrière de Curiers.....	33
III.2.4. Carrières répertoriées dans les archives départementales.....	35
III.2.4.1. Carrière du Chêne de la Lieue.....	35
III.2.4.2. Carrières de la Bretonnière et de la Vallée.....	36
III.2.5. Les autres cavités retenues par le PPRN.....	37
III.3. Qualification de l'aléa.....	38
III.3.1. Notion d'intensité et de fréquence.....	38
III.3.2. Représentation de l'aléa.....	39
III.3.2.1. Règles générales.....	39
III.3.2.2. Règles spécifiques à l'aléa effondrement.....	39
III.3.3. Critères de qualification de l'aléa.....	40
III.3.3.1. Phénomène de référence.....	40
III.3.3.2. Intensité du phénomène.....	41
III.3.3.2.1. Intensité des affaissements.....	41
III.3.3.2.2. Intensité des effondrements localisés.....	42
III.3.3.2.3. Intensité des effondrements généralisés.....	42
III.3.3.3. Probabilité d'occurrence.....	43
III.3.3.3.1. Probabilité d'occurrence des affaissements.....	43
III.3.3.3.2. Probabilité d'occurrence des effondrements localisés.....	44
III.3.3.3.3. Probabilité d'occurrence des effondrements généralisés.....	45
III.3.3.3.4. Probabilité d'occurrence en cas de « présomption de vides ».....	47
III.3.3.4. Hiérarchisation de l'aléa lié à la présence de cavités souterraines.....	47
III.3.3.5. Représentation graphique de l'aléa.....	49
III.3.4. Identification des phénomènes et détermination de l'aléa.....	49
III.3.4.1. Carrière principale du village.....	49
III.3.4.2. Carrière de la RD 10.....	52
III.3.4.3. Extension Est de la cavité du village.....	53
III.3.4.4. Carrière de Curiers.....	53
III.3.4.5. Autres secteurs.....	54
III.4. La carte des enjeux, inventaire et analyse des enjeux communaux.....	55
III.4.1. Méthodologie et principes de représentation.....	55
III.4.2. Les enjeux vulnérables aux aléas de mouvements de terrain.....	56
III.5. Plan de zonage réglementaire.....	56
III.5.1. Traduction des aléas en zonage réglementaire.....	56
III.5.1.1. Traduction réglementaire de l'aléa d'effondrement.....	57
III.5.1.2. Traduction réglementaire de l'aléa d'affaissement.....	57
III.5.1.3. Synthèse des zones réglementaires.....	58
III.5.2. Nature des mesures réglementaires.....	58
III.5.2.1. Bases légales.....	58
III.5.2.2. Mesures individuelles.....	59
III.5.2.3. Mesures d'ensemble.....	60

I. Préambule

Le plan de prévention des risques naturels prévisibles « mouvement de terrain dû à des cavités anthropiques » (PPRN mouvement de terrain¹⁾ de la commune de Courgeon est établi en application des articles L 562-1 à L 562-9, et R 562-1 à R 562-11-9 du code de l'Environnement.

I.1. Objet du PPRN

L'article L 562-1 du code de l'environnement fixe les objectifs des PPRN :

L'état élabore et met en application des plans de prévention des risques naturels prévisibles tels que les inondations, les mouvements de terrain, les avalanches, les incendies de forêt, les séismes, les éruptions volcaniques, les tempêtes ou les cyclones.

Ces plans ont pour objet, en tant que de besoin :

1° de délimiter les zones exposées aux risques, en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, d'y interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle ou, dans le cas où des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles, pas aggraver le risque pour les vies humaines, pourraient y être autorisés, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploitées ;

2° de délimiter les zones qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues au 1° ;

3° de définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers ;

4° de définir dans les zones mentionnées au 1° et 2°, les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.

I.2. Prescription du P.P.R.N.

Les articles R 562-1 et R 562-2 du code de l'environnement définissent les modalités de prescription des P.P.R.N.

1 Dans la suite de ce rapport, la dénomination « PPRN mouvement de terrain » sera réduite à « PPRN »

Le périmètre d'étude du PPRN couvre la totalité du territoire communal.

1.3. Périmètre de la zone d'étude du PPRN

Il se limite aux phénomènes de mouvements de terrain dus à des cavités anthropiques.
Le PPRN « mouvement de terrain dû à des cavités anthropiques » de la commune de Courgeon a été prescrit par arrêté préfectoral le 13 mai 2015 (arrêté préfectoral n°2360-15-0065).

Le plan de prévention des risques naturels prévisibles est approuvé dans les trois ans qui suivent l'intervention de l'arrêté prescriptif son élaboration. Ce délai est prorogable une fois, dans la limite de dix-huit mois, par arrêté motivé du préfet si les circonstances l'exigent, notamment pour prendre en compte la complexité du plan ou l'ampleur et la durée des consultations.

Il est, en outre, affiché pendant un mois dans les mairies de ces communes et aux sièges de ces établissements publics et publié au recueil des actes administratifs de l'Etat dans le département. Mention de cet affichage est insérée dans un journal diffusé dans le département.

Il est notifié aux maires des communes ainsi qu'aux présidents des collectivités territoriales et des établissements publics de coopération intercommunale compétents pour l'élaboration des documents d'urbanisme dont le territoire est inclus, en tout ou partie, dans le périmètre du projet de plan.

Cet arrêté définit également les modalités de la concertation et de l'association des collectivités territoriales et des établissements publics de coopération intercommunale concernés, relatives à l'élaboration du projet.

Il mentionne si une évaluation environnementale est requise en application de l'article R. 122-18. Lorsqu'elle est explicite, la décision de l'autorité de l'Etat compétente en matière d'environnement est annexée à l'arrêté.

L'arrêté prescriptif l'établissement d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles détermine le périmètre mis à l'étude et la nature des risques pris en compte. Il désigne le service déconcentré de l'Etat qui sera chargé d'instruire le projet.

Article R 562-2

L'établissement des plans de prévention des risques naturels prévisibles mentionnés aux articles L 562-1 à L 562-7 est prescrit par arrêté du préfet. Lorsque le périmètre mis à l'étude s'étend sur plusieurs départements, l'arrêté est pris conjointement par les préfets de ces départements et précise celui des préfets qui est chargé de conduire la procédure.

Article R 562-1

Les articles R 562-3 et R 562-4 du code de l'environnement définissent le contenu du plan de prévention des risques naturels prévisibles.

Article R 562-3

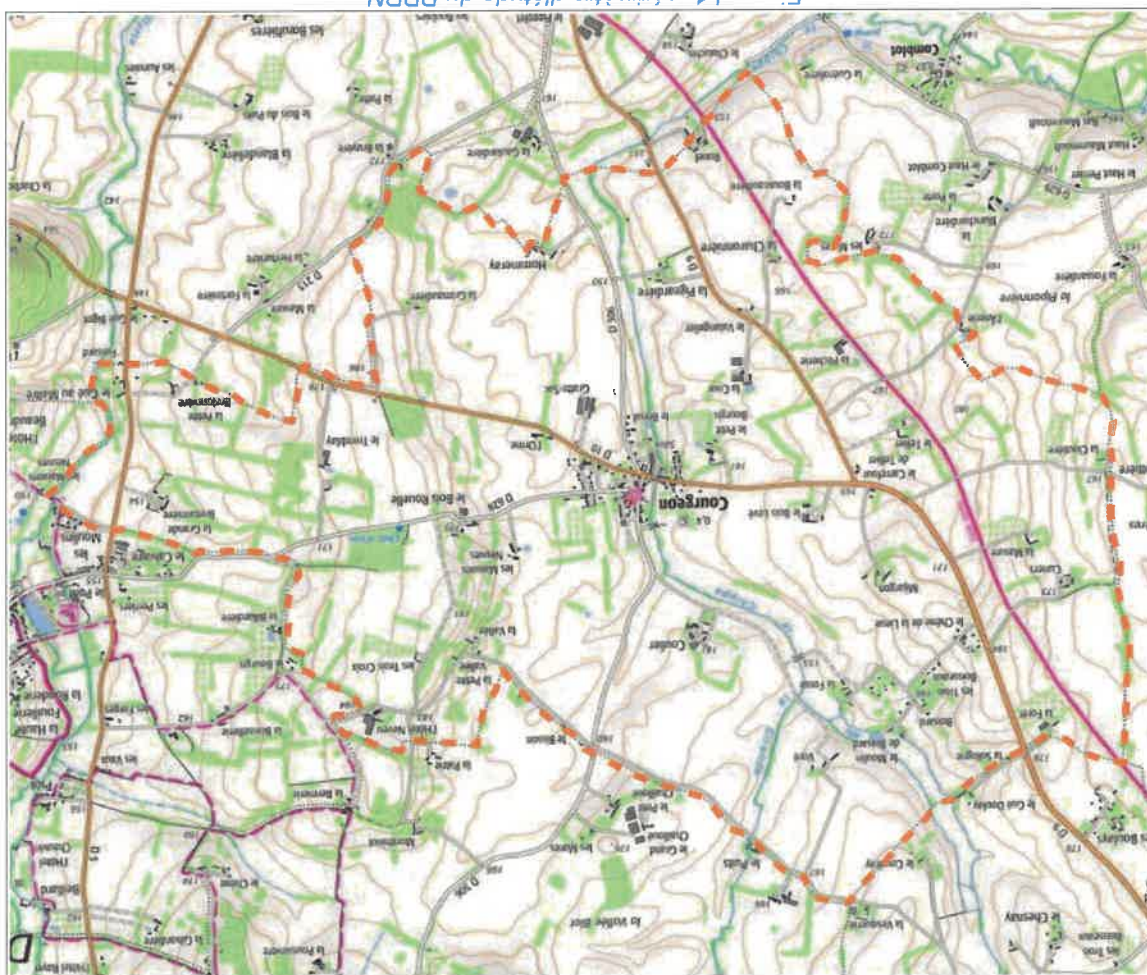
Le dossier de projet de plan comprend :

- 1° Une note de présentation indiquant le secteur géographique concerné, la nature des phénomènes naturels pris en compte et leurs conséquences
- 2° Un ou plusieurs documents graphiques délimitant les zones mentionnées aux 1° et 2° du II de l'article L 562-1 ;
- 3° Un règlement précisant en tant que de besoin :

- a) les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune de ces zones en vertu du 1° et du 2° du II de l'article L 562-1 ;
- b) les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde mentionnées au 3° du II de l'article L 562-1 et les mesures relatives à l'aménagement,

1.4. Contenu des PPRN

Figure 1 : périmètre d'étude du PPRN.



Le projet de plan est soumis par le préfet à une enquête publique dans les formes prévues par les articles R 123-6 à R 123-23, sous réserve des dispositions des deux alinéas qui suivent.

Les avis recueillis en application des trois premiers alinéas de l'article R 562-7 sont consignés ou annexés aux registres d'enquête dans les conditions prévues par l'article R 123-17.

Les maires des communes sur le territoire desquelles le plan doit

Article R 562-8

Le projet de plan de prévention des risques naturels prévisibles est soumis à l'avis des conseillers municipaux des communes et des organes délibérants des établissements publics de coopération intercommunale compétents pour l'élaboration des documents d'urbanisme dont le territoire est couvert, en tout ou partie, par le plan.

Si le projet de plan contient des mesures de prévention des incendies de forêts ou de leurs effets ou de mesures de prévention, de protection et de sauvegarde relevant de la compétence des départements et des régions, ces dispositions sont soumises à l'avis des organes délibérants de ces collectivités territoriales. Les services départementaux d'incendie et de secours intéressés sont consultés sur les mesures de prévention des incendies de forêt ou de leurs effets.

Si le projet de plan concerne des terrains agricoles ou forestiers, les dispositions relatives à ces terrains sont soumises à l'avis de la chambre d'agriculture et du centre national de la propriété forestière.

Tout avis demandé dans le cadre des trois alinéas ci-dessus qui n'est pas rendu dans un délai de deux mois à compter de la réception de la demande est réputé favorable.

Article R 562-7

Les articles R 562-7, R 562-8, R 562-9 et R 562-10 du Code de l'environnement définissent les modalités d'approbation et de révision des plans de prévention des risques naturels prévisibles.

1.5. Approbation et révision du P.P.R.N.

Conformément au code de l'Environnement, le plan de prévention des risques naturels prévisibles de la commune de Courgeon comporte, outre cette note de présentation, un zonage réglementaire et un règlement qui constituent les deux pièces opposables aux tiers du dossier.

La note présente succinctement la zone d'étude et les phénomènes naturels qui la concernent. Trois documents graphiques y sont annexés : une carte informative des phénomènes naturels, une carte des aléas et une carte des enjeux. Ces documents ont été réalisés sur la base de la bibliographie existante, d'observations de terrain et d'enquêtes auprès de différents acteurs locaux.

l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existant à la date de l'approbation du plan, mentionnées au 4° de ce même II. Le règlement mentionne, le cas échéant, celles de ces mesures dont la mise en œuvre est obligatoire et le délai fixé pour celle-ci.

- c) Modifier les documents graphiques délimitant les zones mentionnées aux 1° et 2° du II de l'article L 562-1, pour prendre en compte un
- b) Modifier un élément mineur du règlement ou de la note de présentation ;
- a) Rectifier une erreur matérielle ;

pour :

Le plan de prévention des risques naturels prévisibles peut être modifié à condition que la modification envisagée ne porte pas atteinte à l'économie générale du plan. La procédure de modification peut notamment être utilisée

Article R 562-10-1

Pour l'enquête publique, les documents comprennent en outre les avis requis en application de l'article R 562-7.

- 1° Une note synthétique présentant l'objet de la révision envisagée ;
- 2° Un exemplaire du plan tel qu'il serait après révision avec l'indication, dans le document graphique et le règlement, des dispositions faisant l'objet d'une révision et le rappel, le cas échéant, de la disposition précédemment en vigueur.

Dans le cas visé à l'alinéa précédent, les documents soumis à consultation et à l'enquête publique comprennent :

1° Une note synthétique présentant l'objet de la révision envisagée ;

2° Un exemplaire du plan tel qu'il serait après révision avec l'indication, dans le document graphique et le règlement, des dispositions faisant l'objet d'une révision et le rappel, le cas échéant, de la disposition précédemment en vigueur.

Le plan de prévention des risques naturels prévisibles peut être révisé selon la procédure décrite aux articles R 562-1 à R 562-9.

Article R 562-10

Lorsque la révision ne porte que sur une partie du territoire couvert par le plan, seuls sont associés les collectivités territoriales et les établissements publics de coopération intercommunale concernés et les consultations, la concertation et l'enquête publique mentionnées aux articles R 652-2, R 562-7 et R 562-8 sont effectuées dans les seules communes sur le territoire desquelles la révision est prescrite.

Le plan approuvé est tenu à la disposition du public dans ces mairies et aux sièges de ces établissements publics de coopération intercommunale ainsi qu'en préfecture. Cette mesure de publicité fait l'objet d'une mention avec les publications et l'affichage prévus à l'alinéa précédent.

Article R 562-9

A l'issue des consultations prévues aux articles R 562-7 et R 562-8, le plan, éventuellement modifié, est approuvé par arrêté préfectoral. Cet arrêté fait copie de l'arrêté est affichée pendant un mois au moins dans chaque mairie et au siège de chaque établissement public de coopération intercommunale compétent pour l'élaboration des documents d'urbanisme sur le territoire desquels le plan est applicable.

s'appliquer sont entendus par le commissaire enquêteur ou par la commission d'enquête une fois consigné ou annexé aux registres d'enquête l'avis des conseils municipaux.

La commune de Courgeon se situe dans la région naturelle du Perche, à environ 7 kilomètres au sud-est de Mortagne-au-Perche, son chef-lieu de canton et d'arrondissement. Elle est limitrophe avec les communes de Réveillon, Loisail, Saint-Mard-de-Réno, La Chapelle-Montligeon, Corbon, Mauves-sur-Huisne et Comblot. Elle est rattachée à la communauté de communes du Pays de Mortagne-au-Perche.

II.1.1. Situation géographique

II.1. Cadre géographique et contexte communal

II. Présentation de la zone d'étude

Le plan de prévention des risques naturels prévisibles approuvé vaut **servitude d'utilité publique**. Il est annexé au plan d'occupation des sols, conformément à l'article L 126-1 du code de l'urbanisme.

Le Plan de Prévention des Risques prévisibles approuvé fait l'objet d'un affichage en mairie et d'une publicité par voie de presse locale en vue d'informer les populations concernées.

Article L 562-4

Le Code de l'Environnement précise :

I. - La modification est prescrite par un arrêté préfectoral. Cet arrêté précise l'association des communes et des établissements publics de coopération intercommunale concernés, et indique le lieu et les heures où le public pourra consulter le dossier et formuler des observations. Cet arrêté est publié en caractères apparents dans un journal diffusé dans le département et affiché dans chaque mairie et au siège de chaque établissement public de coopération intercommunale compétent pour l'élaboration des documents d'urbanisme sur le territoire desquels le plan est applicable. L'arrêté est publié huit jours au moins avant le début de la mise à disposition du public et affiché dans le même délai et pendant toute la durée de la mise à disposition.

II. - Seuls sont associés les communes et les établissements publics de coopération intercommunale concernés et la concertation et les consultations sont effectuées dans les seules communes sur le territoire desquelles la modification est prescrite. Le projet de modification et l'exposé de ses motifs sont mis à la disposition du public en mairie des communes concernées. Le public peut formuler ses observations dans un registre ouvert à cet effet.

III. - La modification est approuvée par un arrêté préfectoral qui fait l'objet d'une publicité et d'un affichage dans les conditions prévues au premier alinéa de l'article R 562-9.

Article R 562-10-2

changement dans les circonstances de fait.

La commune de Courgeon est traversée par le ruisseau de la Chippe et son affluent la Gironde. La Chippe prend sa source en amont de Mortagne-au-Perche, sur la commune de Saint-Langis-lès-Mortagne. Elle draine la partie centrale du territoire de Courgeon, puis elle rejoint la rivière l'Huisne

II.1.3. Réseau hydrographique

L'activité économique de la commune est en grande partie tournée vers l'agriculture. Plusieurs sièges d'exploitations agricoles sont ainsi présents. Deux entreprises importantes sont également implantées dans le village. L'une est spécialisée dans la construction de charpentes (charpentier) et la seconde dans le conditionnement (emballage).

Le village de Courgeon se situe au centre de la commune. Il réunit une grande partie du bâti communal sous la forme de maisons anciennes et de pavillons récents à sa périphérie. Quelques hameaux et plusieurs propriétés isolées (souvent des exploitations agricoles ou d'anciennes exploitations agricoles) complètent l'habitat. En 2016, la commune comptait 371 habitants.

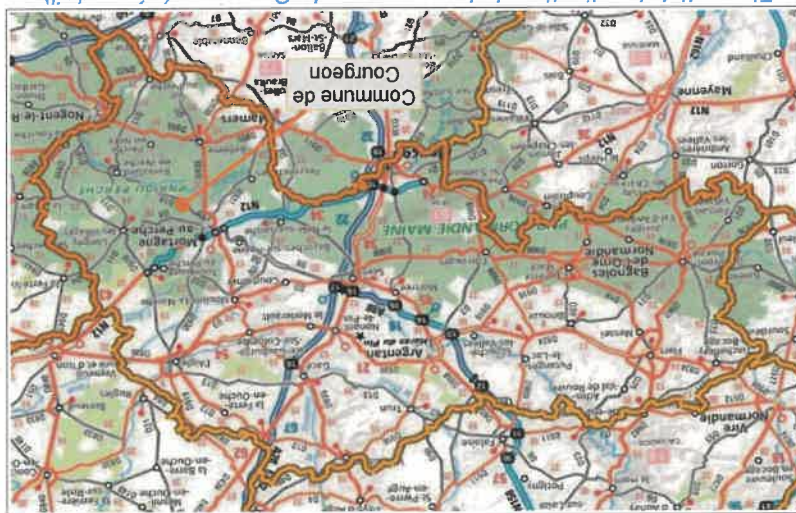
Deux routes départementales majeures desservent la commune. La RD 9 qui relie Mortagne-au-Perche au sud du département de l'Orne parcourt sa bordure ouest. Elle se dirige en direction de Nogent-le-Rotrou situé dans le département de l'Eure-et-Loir. La RD 10 se connecte à la RD 9 au carrefour de Teller. Elle traverse le village de Courgeon puis rejoint également le sud du département jusqu'aux portes de Nogent-le-Rotrou. Plusieurs routes départementales secondaires et voies communales complètent le réseau routier communal, dont la RD 306 et la RD 628 qui transitent par le village.

Le territoire de Courgeon couvre une superficie de 1041 hectares (10,41 km²). Il occupe un secteur au relief peu marqué de la région du Perche. Sa topographie présente de légers vallonnements alternant avec des replats et de petites vallées de faible importance. Les altitudes sont très faibles. Elles s'étagent entre 150 mètres dans la vallée de Chippe (lieu-dit La Figeardière au sud de la commune) et 191 mètres sur la colline des Trois Croix (nord-est de la commune).

La commune présente un caractère très rural. Elle s'insère dans un environnement agricole prédominant, où cultures et activités d'élevages se partagent l'espace. Quelques rares zones boisées sont implantées, généralement sous la forme de bosquets peu étendus. La forêt est largement plus présente sur la commune voisine de La Chapelle-Montligeon qui accueille une partie de la Forêt Domaniale de Reno-Valdieu.

II.1.2. Contexte communal

Figure II.1 : localisation de la commune de Courgeon (géoportail).



> **Les sables du Perche** apparaissent au-dessus du banc grésifié de la craie de Rouen (noté Hardground Rouen 1. cas dans le village de Courgeon, au niveau de laquelle on rencontre effectivement le niveau dur dit cette formation pour mener leur exploitation. La notice de la carte géologique stipule que c'était le développées dans le niveau de craie glauconieuse. Les carrières repèrent le niveau dur du toit de D'après la carte géologique locale, les carrières de pierre à bâtir se sont généralement est surmontée d'un banc de gré calcaire de 1 à 2 mètres d'épaisseur.

> La craie glauconieuse est surmontée par la **craie de Rouen** (Cénomannien moyen) dont la puissance varie entre 25 et 30 mètres (noté C1R sur la carte géologique). Il s'agit d'un matériau de teinte blanche peu cohérent pouvant contenir de rares silix. La craie de Rouen (Hardground Rouen 1).

> A la base, on rencontre de la **craie Glauconieuse** (Cénomannien inférieur) d'une puissance de 25 mètres (noté C1G sur la carte géologique). Cette formation voit sa teneur en carbonate augmenter vers son sommet au détriment de sa traction argileuse. Son toit se distingue par une zone dure présentant des terriers fossiles pénétrant jusqu'à un mètre dans la formation

Les deux étages de craie visibles sur la commune de Courgeon sont datés du Cénomannien (base du Crétacé supérieur).

II.2.1. Formations sédimentaires de surface

Sables du Perche.

Une troisième formation sédimentaire détritique repose parfois au-dessus de la craie. Il s'agit des Sables du Perche.

Parisien.

ces dépôts sédimentaires plus anciens à la surface souligne généralement la bordure du Bassin largement sur une bande nord - sud traversant le centre du département de l'Orne. L'appartenance au niveau de Courgeon, mais que l'on rencontre au niveau de la butte de Mortagne-au-Perche et plus sur des formations sédimentaires plus profondes du Trias et du Jurassique qui n'affluent pas au la mise en place s'est amorcée dès l'Albien Supérieur (fin du Crétacé inférieur). Cette craie repose commune de Courgeon. Il s'agit de deux étages de craie de la période du crétacé supérieur, dont Deux formations géologiques principales composent le substratum rocheux de surface de la Sa mise en place résulte d'un lent effondrement de la région au cours de l'ère primaire, suivi de transgressions marines à grande échelle tout au long des ères secondaire et tertiaire. Cette longue et complexe histoire géologique, également orchestrée par des dérives continentales et une activité tectonique régionale périphérique, a donné naissance à un vaste plateau calcaire de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Ce millifeuille sédimentaire présente des pendages très faibles, voire quasiment horizontaux.

La commune de Courgeon se situe au sein du vaste bassin sédimentaire parisien qui s'étend sur le centre-Nord de la France. Cette entité géologique se compose de dépôts des ères secondaire et tertiaire reposant sur un socle métamorphique profond.

II.2. Contexte géologique

Les extrémités est et ouest de la commune de Courgeon sont drainées vers des cours d'eau voisins qui sont également rattachés au vaste bassin versant de l'Huisne.

La Gironde prend sa source sur la commune de Villiers-sous-Mortagne. Elle se jette dans la Chippe au lieu-dit La Fosse, en amont du village de Courgeon.

(cours d'eau majeur de la région) sur la commune voisine de Comblot.

C1P sur la carte géologique). Ils sont datés du Cénozoïque supérieur. La transition entre les deux formations se fait en quelques mètres par enrichissement progressif en matériel détritique. Ils résultent d'une sédimentation en eaux peu profondes et probablement d'un mécanisme de mise en place rapide sous l'action de courants violents. Leur granulométrie peut varier de fine à grossière. Les Sables du Perche fond l'objet d'exploitations dans la région. Ils sont présents selon une bande nord – sud s'étendant entre les lieux-dits les Trois-Croix et le Tremblay (partie est de la commune de Courgeon).

II.2. Formations superficielles de couverture

Le substratum calcaire est souvent masqué par des formations liées à l'altération superficielle de la craie ou par des dépôts de l'ère quaternaire. Il est rarement directement visible. Il est plutôt sub-affleurant sous ces formations superficielles.

➤ Une formation résiduelle à silex, à gangue argileuse peut couvrir localement des secteurs (noté Rc sur la carte géologique). Elle est le produit d'altération de craie à silex. Un plaquage de ce type est présent au sommet de la colline des Trois Croix.

➤ Une formation résiduelle à Silex solifiée, associée aux sables du Perche et à la craie de Rouen, repose dans le quart est de la commune (noté Srac/C1R sur la carte géologique). Elle s'est mise en place sous un climat péri-glaciaire au cours du Pléistocène (début de l'ère quaternaire). Elle correspond à la formation résiduelle à silex citée précédemment, qui a été déstabilisée et, sous l'action de mécanismes de solifluxion / gélifluxion / fauchage / reptation, s'est déplacée sur les versants jusqu'aux affleurements des Sables du Perche. Cette action de déplacement a conduit les silex initiaux à se mélanger au toit des Sables du Perche, ce qui a donné naissance à cette formation géologique.

➤ Des argiles de décarbonation de la craie recouvrent le tiers sud-ouest de la commune (noté Ac sur la carte géologique). Elles résultent de l'altération du toit de la Craie de Rouen par dissolution de la partie carbonatée de la roche.

➤ Les fonds de vallée de la Chippe et de la Gironde sont occupés par des alluvions actuelles des deux cours d'eau qui sont composées généralement d'éléments fins, voire argileux provenant du lessivage des versants par les ruissellements (noté Fz sur la carte géologique).

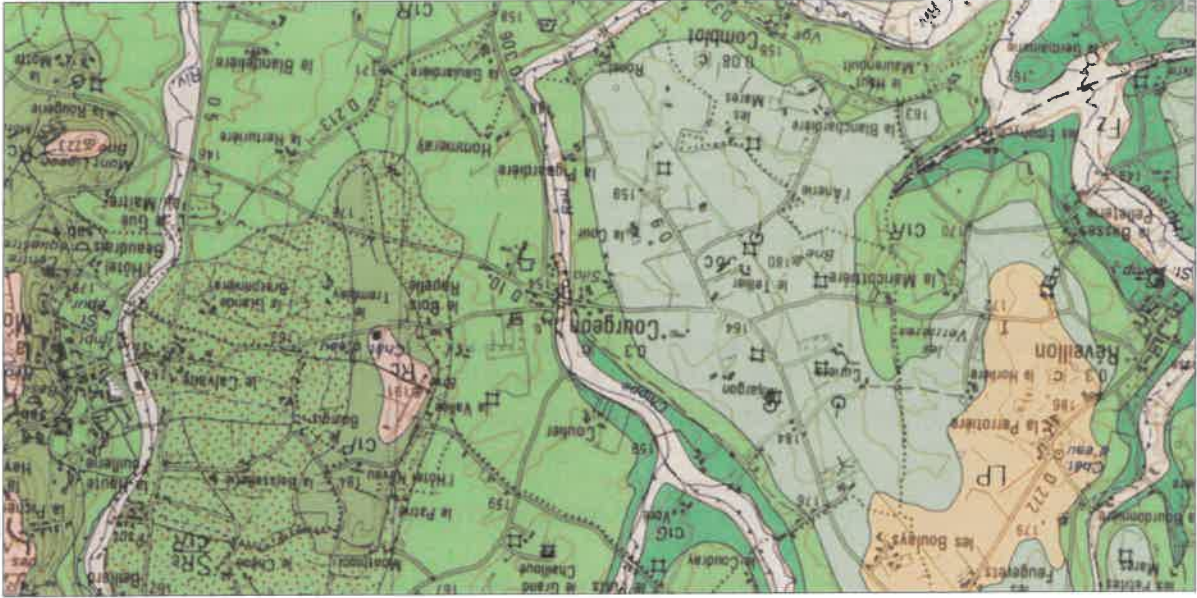


Figure II.2: Extrait de la carte géologique locale (feuille Mortagne-au-Perche - source Infoterre).

Il s'agit de mouvements de terrain à composante verticale. En règle générale, les phénomènes d'effondrement dépendent des caractéristiques structurales des cavités (piliers, plateaux, portées entre appuis, taux de détruitement, profondeur, etc.), de leur état géotechnique et de leur surface varient également en fonction de la taille des cavités et de leur profondeur. Plus une cavité est profonde, plus l'impact en surface est amorti par le foisonnement des matériaux désorganisés. En effet, les matériaux occupent plus de place lorsqu'ils sont remaniés (désorganisation des matériaux). En cas d'effondrement d'une carrière, le foisonnement des matériaux tend donc à compenser le vide de celle-ci (phénomène d'auto-comblement). Ainsi, certains effondrements profonds peuvent n'entraîner qu'un affaissement à la surface du terrain, voire ne pas avoir

III.1.1.1. Effondrement de cavité souterraine

Deux catégories d'alcas sont prises en compte :

- > alca d'effondrement de cavités souterraines au niveau des carrières présentes ;
- > alca d'affaissement au niveau des zones de cavités remblayées et de secteurs probablement en partie effondrés, mais où des mouvements de terrain verticaux sont encore possibles.

III.1.1. Phénomènes naturels pris en compte

III.1. Phénomènes naturels et définitions

Les trois premiers documents graphiques précités constituent des documents de travail préparatoires destinés à expliciter le plan du zonage réglementaire. Ils ne présentent aucun caractère réglementaire et ne sont pas opposables aux tiers. En revanche, ils décrivent des phénomènes déjà survenus sur la commune, ou susceptibles de se manifester, et permettent de mieux appréhender la démarche qui aboutit au plan du zonage réglementaire. Les deux derniers documents ont un caractère contraignant et sont opposables aux tiers.

Ces trois derniers documents permettent d'établir ensuite :

- > le **règlement** associé qui énonce les dispositions applicables dans le cadre du PPRN.
- > la **carte de zonage réglementaire** définissant les secteurs dans lesquels l'occupation du sol sera soumise à une réglementation ;

> une **carte des enjeux** indiquant les principaux enjeux existants à l'époque de la constitution du dossier PPRN.

> une **carte des alcas**, présentant l'activité et la probabilité d'occurrence des phénomènes naturels ;

> une **carte informative des phénomènes historiques** localisant les phénomènes naturels affectant le territoire communal, soulignant les périmètres connus ou supposés des anciennes carrières souterraines et présentant les phénomènes historiques connus ;

> une **note de présentation** qui décrit le territoire communal et commente les différents phénomènes naturels susceptibles de se développer ;

Le présent PPRN comporte les pièces suivantes :

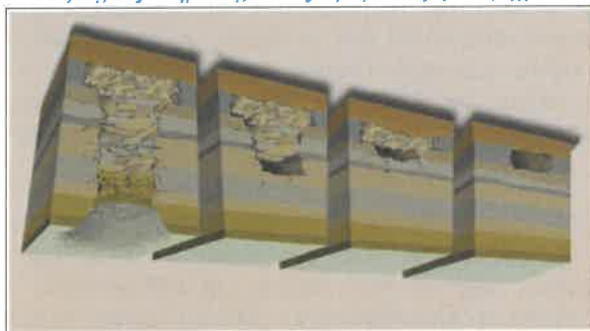
III. Présentation des documents techniques

La rupture d'un ou plusieurs piliers et/ou la rupture d'une portée trop importante peuvent déstabiliser brutalement une très large superficie de voûte, avec une répercussion quasiment instantanée et très dévastatrice en surface. L'emprise de tels mouvements de terrain est généralement largement supérieure à celle des fontis. En effet, la rupture d'un pilier ou d'une voûte aura un impact plus large autour de l'élément porteur ruiné, ce qui peut entraîner des réactions en

III.1.1.1.2. Les effondrements en masse

Les fontis présentent généralement des formes circulaires. Leurs dimensions peuvent varier entre quelques décimètres et plusieurs mètres de diamètre, voire quelques dizaines de mètres dans des cas extrêmes. Dans le cas de Courgeon, les zones de voûtes fragilisées, pouvant être appareillées à des amorces de cloche de fontis, montrent que des phénomènes de quelques mètres de diamètre sont possibles.

Figure III.1: schéma de la formation d'un fontis (source Alp Géosques – Orade – Graphie - MEDD).



Une autre catégorie de fontis peut se manifester. Il s'agit des phénomènes de débouillage d'argile (phénomène de débouillage). Le conduit karstique se désobstrue ainsi lentement et, s'il est relié à la surface, un fontis peut apparaître à terme.

Il s'agit de mouvements de terrain plutôt localisés, adoptant une dynamique généralement lente en phase de développement, suivie d'une rupture brutale en arrivant au jour. Ils se développent au niveau de zones géologiquement et / ou mécaniquement affaiblies. Ainsi, la roche présente parfois des passages altérés, écaillés et/ou fissurés, favorisant des chutes de toit localisées et récurrentes. Concentrées au même endroit, ces faiblesses conduisent à l'apparition de cloches de fontis. Une fois amorcée, le phénomène se propage petit à petit vers la surface, par éboulements successifs du toit. Une cavité se forme ainsi et s'élève vers la surface en traversant le cerveau de la carrière. Le recouvrement s'amincit progressivement au droit du phénomène en cours, puis finit par céder naturellement ou suite à une surcharge (passage d'un véhicule par exemple). De tels phénomènes peuvent entraîner de sévères dommages aux enjeux de surface, voire des destructions (routes, réseaux divers, etc.).

III.1.1.1.1. Les fontis

Plusieurs mécanismes peuvent conduire à des phénomènes d'effondrements.

A l'inverse, le foisonnement peut ne pas intervenir dans le cas de la chute d'un tenant de la voûte, par exemple à la suite de la rupture soudaine de plusieurs piliers. Dans ce cas, l'impact en surface peut se traduire par un déplacement vertical presque équivalent à la hauteur de voûte effondrée, y compris lorsque le recouvrement est relativement épais (cavité profonde).

d'impact en surface et passer totalement inaperçus (voir § III.1.1.2).

Dans le cadre du PPRN de Courgeon, trois grands axes de recherches ont été menés de front :

III.2. Recherche d'informations et identification des cavités

En cas d'effondrement de galeries profondes et / ou de faible hauteur, le foisonnement des matériaux permet d'atténuer plus ou moins rapidement la résultante du phénomène en surface. En fonction du rapport profondeur / hauteur des galeries, le vide peut ainsi s'auto-combler et la désorganisation de la structure du terrain peut amortir progressivement le mouvement de terrain qui progresse vers la surface. Un simple affaissement de terrain peut alors se former. Dans certains cas, le foisonnement des matériaux peut même compenser intégralement le déficit lié à la zone de vide et amortir totalement le phénomène. L'effondrement passe alors inaperçu en surface.

De même, les matériaux utilisés pour remblayer les entrées de cavité peuvent se tasser s'ils n'ont pas été correctement remblayés. Une cuvette peut alors se former au niveau du remblai. Le phénomène se traduit par un tassement de terrain affectant toute l'épaisseur de matériaux rapportés. Le résultat d'un tassement de terrain et ses conséquences sont quasiment les mêmes qu'un affaissement. Pour des raisons de simplification du zonage d'aléa, il a été choisi de regrouper les phénomènes de tassement de terrain avec les affaissements de terrain.

Les galeries condamnées à l'aide de matériaux de remblai présentent généralement un espace résiduel au ras de leur voûte (quelques décimètres). Les matériaux qui ont été bourrés sans compactage se tassent dans le temps. En cas d'effondrement, la voûte s'appuie sur le remblai, ce qui amortit rapidement le mouvement de terrain. De ce fait, l'impact en surface est moins conséquent qu'en cas d'effondrement de cavité non remblayée, le vide à compenser étant beaucoup moins important. La répercussion du phénomène vers la surface se traduira plutôt par un affaissement de terrain.

L'affaissement de terrain est également un phénomène à composante verticale. Associé à la présence de cavités souterraines, il peut se manifester au niveau de zones remblayées (galeries condamnées, entrées à ciel ouvert comblées) et au niveau de cavités profondes.

III.1.1.2. Affaissement de terrain

Figure III.2: schéma du mécanisme d'effondrement (source Alp'Géorisques – Oréade – Graphie - MEDD).



Au niveau du village de Courgeon un tel phénomène est peu probable. La cavité n'est pas suffisamment étendue, notamment depuis son comblement partiel. Seul un secteur pourrait être touché par des effondrements plus conséquents qu'un fontis près de la descente où la voûte et des piliers sont très dégradés. S'il survient, ce type d'événement devrait se limiter à quelques dizaines de mètres carrés de superficie (effondrement d'extension limitée).

Importants déplacements verticaux infligés au sol. Les conséquences pour les enjeux de surface peuvent être dramatiques, puisqu'elles peuvent conduire à la ruine des aménagements présents, du fait des chaînes (effet château de cartes). Les conséquences pour les enjeux de surface peuvent être

- > Prospections historiques :
 - Consultation des archives départementales et communales ;
 - Recherches de documents anciens ;
 - Enquête de terrain ;
 - Photographies aériennes actuelles et anciennes.

- > Inventaire bibliographique :
 - Banque de données du BRGM sur les cavités souterraines (BD cavités) ;
 - Carte géologique locale (feuille de Mortagne-au-Perche) ;
 - Etude du plan marinières (Céréma - janvier 2014) ;
 - Etudes de prospections géophysiques sur la commune de Courgeon (Cete-Céréma - décembre 2012 et décembre 2013) ;
 - Etude du diagnostic de la carrière souterraine du village de Courgeon (Céréma - avril 2015).

- > Prospections de terrain :
 - Visite des cavités librement accessibles au niveau du village et du hameau de Curier ;
 - Ouverture d'un puits à la pelle mécanique en bordure immédiate de la RD10 et inspection d'une petite cavité présente ;
 - Parcours du territoire communal à la recherche d'indices de terrain, notamment au niveau des secteurs inventoriés par les études existantes et les archives comme étant potentiellement sous-cavés.

Ces travaux de recherches préalables ont permis d'identifier trois cavités avec certitude (centre du village, bordure de la RD 10 et Curier) et de mettre en avant d'autres secteurs où une plus ou moins grande suspicion de présence de vides se dégage. L'analyse de ces travaux de recherche est consultable dans le rapport de phase 1 du PPRN de Courgeon (phase 1 – recherche documentaire et report cartographique – Alp'Géorisques – juin 2016).

Face aux suspicions apparues, une campagne de prospection géophysique et de sondages mécaniques a ensuite été menée au niveau du village, pour disposer des meilleures connaissances possibles sur les cavités potentiellement présentes.

III.2.1. Connaissance des phénomènes historiques

Plusieurs personnes ont rapporté quelques faits de mouvements de terrain ou ont fait part de leurs observations au niveau du village. Ces témoignages sont récapitulés dans le tableau suivant. Chacun porte un numéro de localisation qui est reporté sur la carte informative du PPRN.

Date	Localisation des phénomènes	Description
Années 1980	1 - Effondrement en bordure de la RD10 à l'angle des parcelles 66 et 67	Un fontis de plusieurs mètres carrés de superficie s'est produit sur le bas coté de la RD10, au niveau de la contre-allée. Il serait survenu au droit d'un départ de galerie qui desservait la carrière du village. D'après un riverain une entrée de faible hauteur existait à ce niveau (départ de galerie distingué sur les photos aériennes de 1949). Témoignage : riverains
Régulièrement dans les années 1980 / 1990	2 - affaissement de la chaussée de la RD10	La chaussée de la RD10 présentait régulièrement des signes d'affaissement au droit de la salle des fêtes. Ils ne se manifestent plus depuis la réfection de la chaussée et le réaménagement de la traversée du village. La zone d'affaissement correspond à l'existence suspectée d'une communication entre la carrière du village et une salle présente sous la parcelle 80 située en face de la salle des

	<p>fêtes. L'inspection de cette salle a montré une zone remblayée à la hauteur de la RD10, qui pourrait correspondre à la zone d'affaissement signalée.</p> <p>Témoignage : riverains</p>	Non daté
<p>3 – Désordres au niveau de la RD628</p>	<p>Des désordres sont apparus au niveau de la RD628 lors de travaux d'assainissement. Un engin a percé la voûte de la carrière sous-cavité avant la route, lors de la réalisation d'une tranchée. Un pieux de confortement et une dalle de béton ont été coulés pour sécuriser la chaussée.</p> <p>Témoignage : riverains et mairie</p>	Non daté
<p>4, 5, 6, 7, 8 - Chutes de toit</p>	<p>De nombreuses chutes de toit ont été observées par les différents organismes participant aux visites de la carrière du village. Certaines sont conséquentes. Elles se traduisent par le détachement de dalles d'épaisseur pluri-décimétriques pouvant atteindre plusieurs mètres carrés de surface. Les plans de décollement correspondent généralement aux plans de stratification de la roche en place. Ils sont également dictés par la fissuration de la roche et la présence de karst fossile comblé d'argile de décalcification.</p> <p>Au niveau des zones karstiques, des phénomènes de débouillage d'argile peuvent également se manifester et entraîner la formation de petits fontis en surface.</p> <p>Certains de ces chutes de toit se manifestent au droit d'enjeux qui ont été depuis sécurisés par complètement : RD628 (4), propriété Dablemont (5), propriétés Joblet (6), propriété Lang (7).</p> <p>Un secteur particulièrement détérioré est étayé à l'aide de poteaux en bois à l'extrémité nord-est de la parcelle 71 (8). Globalement, la carrière du village présente un état géotechnique très dégradé. En plus des chutes de toit, sa voûte est très fissurée et se décolle dans de nombreux secteurs. La probabilité de survenance de fontis est plutôt élevée.</p> <p>Constat : bureaux d'études chargés de l'inspection de la cavité</p>	Non daté
<p>9 – pertes d'eaux pluviales de voirie au niveau de la place du village.</p>	<p>Des personnes ont remarqué qu'une partie des eaux pluviales des alentours de l'église se perdent au niveau de la RD306 (devant l'église). Elles s'infiltreraient dans le goudron, le long de la bordure ouest de la route. Elles suspectent un lien entre ces pertes et la possible existence d'une cavité près de l'église. Les nombreuses investigations réalisées (prospection géophysique notamment) n'ont toutefois pas mis à jour la présence de cavité dans ce secteur.</p> <p>Témoignage : riverains</p>	Régulièrement
<p>10 – formation de fontis</p>	<p>Des fontis surviennent régulièrement sur la parcelle n°12 en bordure du chemin de Curer. Une vaste cuvette profonde de quelques mètres est visible à ce niveau.</p> <p>Témoignage : riverains</p>	Régulièrement
<p>11 – percement du toit d'une cavité lors de travaux</p>	<p>Le propriétaire de la maison cadastrée 64 indique que lors de travaux (enfouissement d'une cuve) il a traversé le toit d'une cavité. Il a découvert une salle de quelques mètres carrés ne communiquant pas avec d'autres galeries. Il ne précise pas si cette salle était isolée par des remblais ou s'il s'agissait d'une cavité indépendante.</p>	Non daté

Figure III.5: pieux de confortement sous la RD628 (événement 3) et chutes de toit (événement 4).



Figure III.4: localisation de l'effondrement survenu en bordure de la RD10 (événement 1).



Les illustrations suivantes présentent quelques-uns des secteurs impactés par des mouvements de terrain ou des instabilités constatées en sous-sol.

Figure III.3: tableau récapitulatif des phénomènes historiques.

<p>Témoignage : propriétaire parcelle 64</p>		
<p>Un fontis s'est formé au lieu-dit Curiers, en limite communale avec Réveillon. Un chien est tombé à l'intérieur. Son secours a conduit les sauveteurs à pénétrer dans une galère profonde d'une dizaine de mètres, jusqu'à une petite plateforme. Une autre galère aurait été signalée à partir de cette plateforme. Elle n'a pas été explorée.</p> <p>Près de ce secteur, les archives départementales signalent un projet d'ouverture de carrière sur la commune de Réveillon au lieu-dit la Horlière. Ce signallement montre que ce secteur a fait l'objet d'un certain intérêt pour l'exploitation de matériaux, mais il n'est pas possible d'établir de lien avec le fontis survenu en septembre 2018.</p> <p>Témoignage : SDIS-GRIMP 27, DDT61, et presse Ouest-France</p>	<p>12 – formation d'un fontis</p>	<p>22/09/2018</p>

La partie accessible de la carrière du village a été visitée en détail. Un plan topographique de la cavité est disponible, ce qui permet de connaître son contour précis, ainsi que sa localisation (plan réalisé dans le cadre de l'étude du diagnostic de la carrière souterraine du village de Courgeon - Cerema - avril 2015). Son expertise visuelle a permis de diagnostiquer son état et d'en déduire un

III.2.2.1.1. Carrière principale du village

III.2.2.1. Carrières du village

III.2.2. Inventaire des cavités présentes ou suspectées

La commune de Courgeon a fait l'objet de trois arrêtés de catastrophe naturelle relatifs à des inondations, des coulées de boue et des mouvements de terrain non précisés. Aucun ne semble porter sur des effondrements de cavités souterraines. Ils sont toutefois récapitulés ci-dessous, pour information :

- > Inondations et coulées de boue entre le 17/01/1995 et le 31/01/1995 (arrêté du 6/02/1995).
- > Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain entre le 25/12/1999 et le 29/12/1999 (arrêté du 29/12/1999).
- > Inondations et coulées de boue le 7/05/2000 (arrêté du 25/09/2000).

Figure III.7: zone étayée à l'aide de poteaux en bois (événement 8)



Figure III.6: chutes de toit sous la propriété Joblet (événement 6)



Figure III.9: zone remblayée à l'extrémité sud de la carrière du village, en direction de la RD10.



- Plusieurs zones de remblais sont observables dans la carrière :
- Dans la partie sud, ils obstruent des puits de jour et très probablement des accès vers des ramifications s'étendant jusqu'à la RD10, comme semble l'indiquer des témoignages et des études géophysiques de 2013 et 2018.
 - Des comblements peuvent obstruer des départs de galeries souterraines situées à l'est de la carrière. L'un d'eux pourrait correspondre à une connexion qui aurait existé avec un puits situé sur la parcelle 18. Des témoignages signalent, à ce sujet, l'existence d'une galerie de faible hauteur qui débouchait dans ce puits, en passant sous le lotissement du Vergier, et qui possédait de petites ramifications faiblement étendues (information aujourd'hui non vérifiable).
 - Des remblais sont stockés contre des parois de la partie ouest – nord-ouest de la carrière.

Figure III.8: accès à la carrière du village depuis la parcelle 71.



Il s'agit d'une carrière exploitée selon la méthode des chambres et piliers, accessible par une descenderie située sur la parcelle 71. Les piliers sont réparés aléatoirement et présentent des sections variables. On remarque également de nombreuses poches argileuses correspondant à des comblements de conduits karstiques. Certaines de ces poches affectent des piliers, ce qui réduit leur efficacité et les fragilise. L'état général de cette cavité est globalement très dégradé.

aléa résultant.

Une zone remblayée est présente en bordure de la RD10. Elle laisse supposer que la cavité s'étendait sous cette route, ce qui pourrait expliquer les tassements de chaussée décrits par un riverain (événement n°2 des phénomènes historiques). Des traces d'écoulements ont été observées au niveau de ce remblai, ce qui souligne la présence d'infiltrations depuis la route

Figure III.11: ouverture de la cavité de la RD10 à la pelle mécanique.



La cavité située en bordure de la RD10 était condamnée. Son accès a été déblayé à la pelle mécanique pour permettre son inspection. Son ouverture a révélé la présence d'une salle de quelques dizaines de mètres carrés située à faible profondeur.

III.2.2.1.2. Cavité de la RD10

Un périmètre sous-cavé, potentiellement plus vaste que le contour actuellement connu de la carrière du village, se dégage ainsi. Il s'étendrait au sud et à l'est de l'emprise de la cavité connue avec certitude. La partie centrale de la cavité du village a été remblayée par injection de coulis de ciment pour protéger un groupe de maisons et la RD 628. Un passage a été préservé pour ne pas isoler l'extrémité nord de la cavité. Il permet de maintenir un accès pour des visites de contrôle et sert pour la préservation de l'habitat d'une colonie de chiroptères.

Figure III.10: vue générale de l'intérieur de la carrière. En taches sombres, certaines poches argileuses.



Figure III.13: périmètre d'investigations complémentaires.



La zone d'investigation a été définie autour des zones de suspicions mises en avant par les études géophysiques réalisées par Cerema en décembre 2012 et en décembre 2013. Les prospections se sont appuyées sur plusieurs méthodes géophysiques complétées par des forages de contrôle.

Face à de nombreuses incertitudes concernant de possibles extensions de la carrière du village (présences de zones remblayées, témoignages d'habitants, études préalables au PPRN mettant en avant des zones d'anomalies géophysiques) et, compte-tenu des enjeux présents (bâti et voies de circulation), une campagne complémentaire de prospections géophysiques a été menée sur une large moitié est du village.

III.2.2.2. Investigations de terrain spécifiques au village de Courgeon

Figure III.12: vue générale de l'intérieur de la cavité avant sa suppression.



(ruissellements routier). Cette cavité a été traitée par le Conseil Départemental de l'Orne en détruisant le cerveau à l'aide d'une pelle mécanique puis en comblant le vide restant à l'aide de remblais rocheux.

Elles ont détecté 23 anomalies qui sont brièvement énumérées dans le tableau ci-contre.

- Quatre se situent au droit de la carrière du village. Elles sont identifiées avec certitude comme étant des vides.
- Cinq sont situées en périphérie de la cavité accessible et de la petite cavité de la RD10 comblée par le Conseil Départemental. Elles sont considérées comme fortement suspectes.
- Les 14 anomalies restantes se répartissent dans le village. Elles sont jugées comme potentiellement représentatives de vides.

Les mesures géoradar ont montré des limites d'application qui ont pu être compensées par deux autres méthodes mises en œuvre.

La qualité du signal enregistré s'est avérée très hétérogène. Elle était plutôt bonne au niveau des voiries et de certaines zones bâties, mais avec des profondeurs d'atteinte variables. Elle s'est rapidement dégradée en zone agricole, avec des profondeurs d'atteinte faibles, voire très faibles.

III.2.2.1.1.2 Apports de la méthode géoradar

Les mesures par géoradar ont permis de lever l'ensemble des zones urbanisées (voirie et parcelles bâties) et certaines parcelles agricoles, lorsque cela a été possible. Bien que les terrains de surface soient argileux (matériaux pouvant perturber les mesures), cette méthode a été jugée la plus appropriée en milieu urbain, car la plus apte face à la pollution électromagnétique urbaine.

Cette méthode peut être limitée techniquement en fonction des conditions rencontrées. Les sols électriquement très conducteurs peuvent notamment représenter des obstacles en perturbant les mesures (couvert végétal, présence métallique, argile, limons fins, présence de nappe, sol détrempe, etc.).

Les performances du matériel utilisé dans le cadre du PPRN de Courgeon permettent une détection jusqu'à une profondeur optimale de 5 mètres.

Les performances du matériel utilisé dans le cadre du PPRN de Courgeon permettent une détection jusqu'à une profondeur optimale de 5 mètres.

Les performances du matériel utilisé dans le cadre du PPRN de Courgeon permettent une détection jusqu'à une profondeur optimale de 5 mètres.

Les performances du matériel utilisé dans le cadre du PPRN de Courgeon permettent une détection jusqu'à une profondeur optimale de 5 mètres.

III.2.2.1.1.1 Principe de la méthode géoradar

III.2.2.1.1.1 Détection par géoradar

- > détection par tomographie électrique.
- > détection par conductivimétrie ;
- > détection par géoradar ;

Trois méthodes géophysiques ont été mises en œuvre :

Les études géophysiques se sont basées sur des techniques de prospections électriques et électromagnétiques (Recherche de cavités souterraines par méthodes géophysiques sur la commune de Courgeon – Gexpiore – 13/11/2017).

III.2.2.1.1 Prospections géophysiques

Figure III.15: localisation des anomalies géoradar identifiées dans le village (Gexplora 2017).



Figure III.16: anomalies géoradar au niveau de la carrière accessible (Gexplora 2017).



Figure III.14: récapitulation des anomalies détectées par géoradar (Gexplora 2017).

Nom	Profondeur	Nature de l'anomalie	Type *
Anomalie 1	1.50	Terrain décomprimé	VIP
Anomalie 2	1.60	Anomalie géologique	VIP
Anomalie 3	1.30	Reflecteur-Possible ancienne construction?	VIP
Anomalie 4	1.50	Possible vide - Zone remaniée	VIP
Anomalie 5	1.60	Descenderie probable	VIFS
Anomalie 6	2.50	Anomalie géologique (karst)?	VIP
Anomalie 7	1.00	Anomalie géologique (karst)?	VIP
Anomalie 8	1.00	Extension de la carrière derrière le mur	VIFS
Anomalie 9	2.00	Possible réseau ou vide ?	VIFS
Anomalie 10	1.00		VIP
Anomalie 11	1.70	Niveau Karstique	VIP
Anomalie 12	0.70	Possible remblais	VIP
Anomalie 13	1.90	Carrière RD 10	VIFS
Anomalie 14	2.20	Possible tassement dû à la carrière	VIFS
Anomalie 15	0.40	Ancien affaissement sous route ?	VIP
Anomalie 16	1.50	Zone remaniée sous route	VIP
Anomalie 17	0.80	Zone de remblais (marnière ?)	VIP
Anomalie 18	1.80		VIC
Anomalie 19	2.60		VIC
Anomalie 20	1.50		VIC
Anomalie 21	2.80		VIC
Anomalie 22	1.50	Karstification	VIP
Anomalie 23	1.20	Zone Karst	VIP

(*)
 VIP : Vide potentiellement présent
 VIFS : Vide fortement suspecté
 VIC : Vide identifié avec certitude

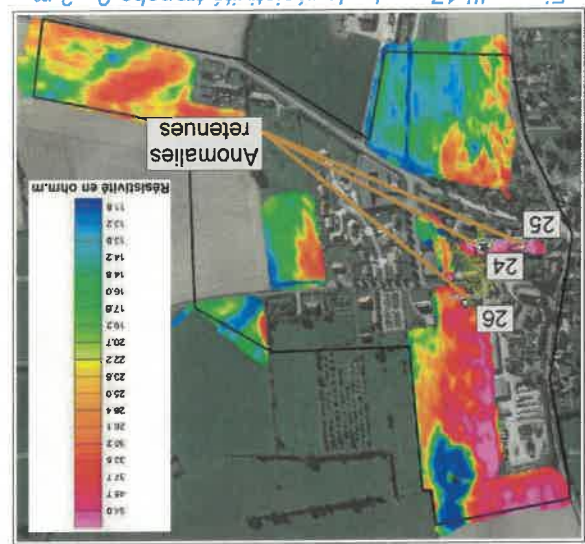


Figure III.17: carte de résistivité tranche 0 - 3 m (Gexpiore 2017).

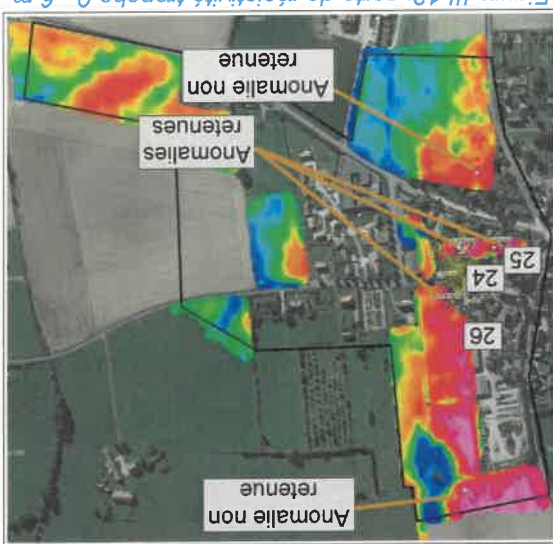


Figure III.18: carte de résistivité tranche 0 - 6 m (Gexpiore 2017).

Au niveau de la tranche de profondeur 0 – 6 mètres, deux autres anomalies sont détectées. Elles sont jugées beaucoup trop ponctuelles par l'étude géophysique pour être liées à une cavité de grande ampleur. De ce fait, l'étude géophysique les écarte de sa liste de suspicion.

Les mesures font apparaître quelques anomalies sur les tranches de profondeur 0 - 3 m et 0 – 6 mètres. Deux ressortent au droit de la carrière accessible. Il s'agit des anomalies 24 et 26 situées respectivement sur les parcelles 71 et 38. Elles correspondent de façon certaine à des vides. Une troisième est également présente sur la parcelle 71, à l'ouest de la cavité accessible. Elle est identifiée par le numéro 25 et elle est considérée comme un vide potentiellement présent.

III.2.2.1.2.2 Apports de la méthode par conductivimétrie

L'appareil doit être étalonné avant de commencer les mesures, pour disposer de valeurs de référence de la résistivité du sol en présence de vide. Ces valeurs de résistivité de référence permettent l'interprétation des mesures réalisées sur le reste de la zone d'investigation. L'étalonnage de l'appareil a été réalisé au droit de la carrière accessible où se situe la descendrière (parcelle 71).

La profondeur d'investigation de cet appareillage atteint 6 mètres. En fonction de l'orientation des bobines, elle peut être limitée à 3 mètres ou étendue jusqu'à 6 mètres. Cette méthode est sensible à la pollution électromagnétique. Elle est donc peu adaptée aux zones strictement urbaines. Elle a été appliquée aux zones agricoles, y compris aux secteurs agricoles déjà investigués par géoradar. Les limites de la méthode géoradar constatées en zone agricole ont pu ainsi être en partie compensées.

Il s'agit d'une méthode électromagnétique. Son principe consiste à émettre un champ magnétique primaire à la surface du sol, à partir d'une bobine émettrice. Cette émission induit de faibles courants dans le sol, qui produisent à leur tour un champ secondaire proportionnel à la conductivité du sol. Ce dernier est capté en retour par une bobine réceptrice. La méthode permet de connaître directement la conductivité du sol, sans planter d'électrodes, et d'en déduire la résistivité. Les valeurs de résistivité obtenues sont ensuite interprétées en déterminant si elles peuvent correspondre à des zones de vide.

III.2.2.1.2.2.1 Détection par conductivimétrie

III.2.2.1.2.1 Principe de la méthode par conductivimétrie

III.2.2.1.3. Détection par tomographie électrique

III.2.2.1.3.1 Principe de la méthode par tomographie électrique

Cette méthode consiste à injecter un courant électrique de faible intensité dans le sol, à l'aide de deux électrodes (émission du courant), et de mesurer la différence de potentiel induite au niveau de deux autres électrodes (réception de la mesure). La mesure obtenue permet de déterminer la résistance électrique du sol. La profondeur d'investigation de la méthode est fonction de l'espacement des électrodes d'émission du courant. Plus ces dernières sont espacées, plus la profondeur d'investigation est profonde. En faisant varier leur espacement et celui des électrodes de réception, il est alors possible de relever les variations de résistance du sol sur des profondeurs données. Le dispositif électrodes d'émission / électrodes de réception est implanté selon un alignement. Les mesures effectuées révèlent la résistance du sol sur le tracé de cet alignement (profil ou panneau électrique 2D). L'interprétation des résistivités permet de dresser des coupes de terrain en distinguant les catégories de matériaux présents et en repérant toute anomalie, telle que des terrains décomprimés ou désorganisés, des cavités, etc.

Cette technique a été mise en œuvre sur les zones où la méthode par conductivimètre a montré une forte résistance et sur des secteurs où des anomalies ont été détectées par géoradar. Treize panneaux électriques répartis entre zones urbaines et zones agricoles ont ainsi été réalisés.



Figure III.19: localisation des panneaux électriques
(Gexplore 2017).

III.2.2.1.3.2 Apports de la méthode par tomographie électrique

Les panneaux électriques recoupant la carrière accessible ont bien identifié cette dernière, en affichant des valeurs de résistance correspondant à la présence de vides (panneaux 1, 3 et 4). Les vides ainsi recoups sont notés anomalies 27, 28 et 29. Ces panneaux n'identifient pas d'autre vide en dehors de l'emprise connue de la carrière.

Les autres panneaux électriques (panneaux 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12) n'ont pas révélé la présence de vide. Les valeurs de résistance obtenues à leur niveau sont très inférieures à celles habituellement générées par des vides. Les résultats de ces panneaux électriques permettent donc de lever les doutes sur des secteurs où la méthode par conductivimètre fournit des valeurs élevées de résistance et sur des secteurs où les mesures géoradar ont révélé des anomalies. La méthode des panneaux électriques est jugée plus fiable.

Figure III.21: liste des anomalies à contrôler.

Nom	Profondeur (m)	Surface (m ²)	Type *	Méthodes
Anomalie 1	1.50	42	VIP	géoradar
Anomalie 2	1.60	237	VIP	géoradar
Anomalie 3	1.30	44	VIP	géoradar
Anomalie 4	1.50	35	VIP	géoradar
Anomalie 5	1.60	97	VIFS	géoradar
Anomalie 6	2.50	255	VIP	géoradar
Anomalie 7	1.00	71	VIP	géoradar
Anomalie 8	1.00	194	VIFS	géoradar/EM31
Anomalie 9	2.00	15	VIFS	géoradar
Anomalie 10	1.00	52	VIP	géoradar
Anomalie 11	1.70	2	VIP	géoradar
Anomalie 12	0.70	16	VIP	géoradar
Anomalie 13	1.90	9	VIFS	géoradar
Anomalie 14	2.20	6	VIFS	géoradar
Anomalie 15	0.40	75	VIP	géoradar
Anomalie 16	1.50	22	VIP	géoradar
Anomalie 17	0.80	1	VIP	géoradar

(*) :
 VIP : Vide potentiellement présent
 VIFS : Vide fortement suspect
 VIC : Vide identifié avec certitude

Figure III.22: localisation des anomalies (Gexplora 2017).



Une campagne de forages de contrôle a été menée au niveau des anomalies géophysiques retenues comme potentiellement liées à des vides.

La méthode par tomographie électrique (panneau électrique) a permis d'éliminer deux anomalies détectées au géoradar (anomalies géoradar 22 et 23 pour lesquelles les panneaux électriques 2, 3 et 4 n'ont identifié aucun vide).

De même, les anomalies détectées au niveau de la carrière accessible ont été retirées de la liste des suspicions, car des vides sont connus avec certitude à leur niveau. Ces anomalies n'ont pas à être confirmées puisqu'elles sont avérées. Il s'agit des anomalies géoradar 18, 19, 20 et 21, des anomalies 24 et 26 détectées au conductivimètre et des anomalies 27, 28 et 29 détectées à l'aide de panneaux électriques.

Ce tri préliminaire a conduit à écarter 10 anomalies, pour n'en conserver plus que 17 pour lesquelles un contrôle a été jugé nécessaire.

III.2.2.2. Anomalies géophysiques retenues et forages de contrôles

Figure III.20: anomalies détectées par panneaux électriques (Gexplora 2017).



Les sondages de contrôle ont consisté à réaliser des forages destructifs avec un tricone Ø120 mm et enregistré des paramètres de progression (vitesse d'avancement, pression de poussée, couple de rotation et pression de retenue). Les forages ont atteint une profondeur comprise entre 10 et 11 mètres, pour être certain de recouper les éventuelles cavités présentes (profondeur très supérieure à celle de la cavité accessible).

Chaque point de contrôle a fait l'objet de deux forages espacés d'environ 2 mètres, pour s'assurer que la première tentative de sondage ne s'est pas déroulée au droit d'un pilier.

Un sondage d'étalonnage référencé SD8 - ET a été réalisé au droit de la carrière du village pour disposer de paramètres de forage de référence et permettre ensuite l'interprétation des autres forages. Le paramètre vitesse d'avancement met en évidence très nettement la présence de la cavité. Il augmente très significativement dès que la tête de forage débouche à l'intérieur d'un vide franc.

III.2.2.3.1. Déroulement des sondages

Figure III.23: localisation des sondages de contrôle (numérotation identique à celle des anomalies géophysiques).



L'étude géophysique a implanté les forages de contrôle à réaliser au niveau des 17 anomalies retenues. À cela, il a été ajouté deux points de sondages supplémentaires sur des secteurs où des témoignages ont signalé des galeries autrefois visitables (sondages 18 et 19 situés sur le parking de la parcelle 62 et sur la rue du Verger).

Cette campagne de sondages de contrôle s'est déroulée dans le cadre d'une étude géotechnique G5 (Campagne de sondages des anomalies répertoriées lors de la recherche de cavités souterraines – Hydrogéotechnique Nord et Ouest – 07/09/2018).

III.2.2.3. Sondages de contrôle

Le tableau de synthèse suivant résume l'interprétation des forages par l'étude géotechnique. Aucune anomalie de forage n'a été constatée dans les sondages 1 à 7, ni dans les sondages 10, 18 et 19. Cela permet, a priori, de lever les doutes soulevés par les anomalies géophysiques portant la même numérotation.

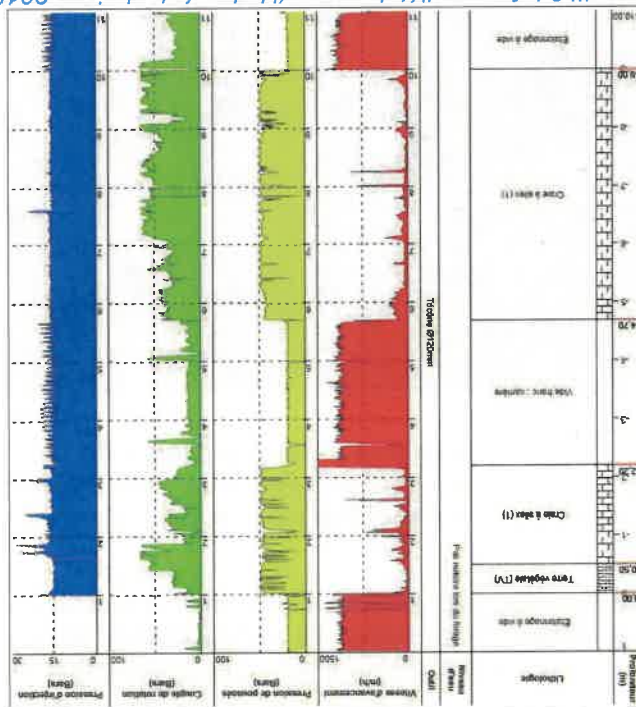
Plusieurs anomalies plus marquées ont été relevées au niveau des forages 8, 9, 12, 13, 16 et 17, sans toutefois rencontrer de vide franc caractéristique.

- > Les anomalies des forages 8, 9, et 13 sont jugées comme pouvant correspondre à des remplissages partiels proches de valeurs de vide franc. Ces quatre forages se situent au niveau ou à proximité immédiate de secteurs signalés remblayés (zone murée et remblayée à l'intérieur de la carrière au niveau du forage 8, entrée condamnée au niveau du forage 9, cavité de la RD 10 comblée au niveau du forage 13). Les anomalies détectées pourraient donc correspondre aux matériaux de comblement des vides.
- > Les anomalies des forages 12, 16 et 17 sont moins significatives. Elles sont plutôt assimilées au caractère lâche et décomprimé de la craie en place.

Les forages ont mis en évidence une faible épaisseur de matériaux meubles (terre végétale et limon) en surface. La craie est rapidement atteinte. Le matériau a tendance à être tendre à lâche sur les six premiers mètres et peut présenter des passages décomprimés, ce qui peut laisser apparaître des anomalies ponctuelles. Cette compacité variable de la craie s'explique en partie par le caractère peu résistant du matériau. Elle peut être également due à la présence de fissures karstiques d'ouverture parfois pluri-décimétriques et remplies d'argile. Le franchissement de ces zones karstiques peut expliquer les brèves accélérations de vitesses d'avancement constatées au niveau de presque tous les forages (tracé en dents de scie des vitesses d'avancement sur les coupes des sondages).

III.2.2.3.2. Résultats du programme de sondages

Figure III.24: forage d'étalonnage (Hydrogéotechnique 2018).



Des secteurs sont obstrués par des remblais sur sa bordure sud (bourrage de matériaux depuis l'intérieur de la cavité). Cela laisse supposer une extension de la cavité sous la parcelle 53 en aléa résultant.

Seule une expertise visuelle a été réalisée, ce qui a permis de la diagnostiquer et d'en déduire un approximativement reportée sur les documents cartographiques du PPRN mouvement de terrain. Cette cavité n'a pas fait l'objet de relevé topographique. Elle ne peut donc qu'être qui peut gêner sa stabilité à terme.

La carrière de Curiers s'est relativement bien conservée dans le temps (relatif bon état visuel de la Cavité). Elle est toutefois peu profonde et présente un taux de détritisme relativement élevé, ce

III.2.2.3. Carrière de Curiers

ainsi être libérés des incertitudes initialement affichées. Les investigations complémentaires ont permis de lever une grande partie des suspensions de cavités qui pesaient sur le village. Les terrains situés à l'ouest de la grande cavité du village ont pu détectée.

La galerie signalée par des témoignages à l'est du village n'a pas été retrouvée. Cependant, les détails recueillis à son sujet semblent suffisamment fiables pour qu'elle soit prise en compte par le PPRN mouvement de terrain. Il s'agit d'un ouvrage très dégradé et de faible hauteur, où il fallait presque ramper à l'intérieur. Cette galerie présentait de petites ramifications. Elle démarrait près de l'actuelle descente de la carrière du village et rejoignait un puits de jour présent sur la parcelle 18. Elle a pu s'effondrer en partie, ce qui expliquerait que la géophysique ne l'ait pas

PPRN mouvement de terrain, des phénomènes résiduels étant possibles à leur niveau. Les études géophysiques et géotechniques complémentaires n'ont pas mis en évidence de vides autres que ceux déjà connus. Près de la RD 10, les forages ont, a priori, trouvé d'anciennes entrées de carrière condamnées déjà répertoriées, ainsi que des galeries remblayées avec de possibles vides résiduels. Ces espaces condamnés ou remblayés sont pris en compte par le

III.2.2.4. Prise en compte des prospections complémentaires du village

Figure III.25: Interprétation des forages de contrôle (Hydrogéotechnique 2018).

Anomalie mise en évidence		Anomalie mise en évidence	
Profondeur (m)	Nature terrain	Profondeur (m)	Nature terrain
SD1	-	SD1	-
SD1B	-	SD2	-
SD2	-	SD2B	-
SD3	-	SD3	-
SD3B	-	SD4	-
SD4	-	SD4B	-
SD5	-	SD5	-
SD5B	-	SD6	-
SD6	-	SD6B	-
SD7	-	SD7	-
SD7B	-	SD7C	-
SD8-ET	2,20 à 4,70	SD8	0,70 à 3,00
SD8	0,70 à 3,00	SD8B	2,70 à 5,10
SD8C	0,40 à 5,20	SD9	0,80 à 3,10
SD9	0,80 à 3,10	SD9B	2,50 à 3,80
SD10	-	SD10B	1,50 à 2,40
SD10C	-	SD11	3,90 à 5,00
SD11	3,90 à 5,00	SD11B	4,50 à 5,50
SD11B	4,50 à 5,50	SD12	4,00 à 4,60
SD12	4,00 à 4,60	SD12B	2,50 à 4,00
SD12B	2,50 à 4,00	SD13	2,50 à 2,70
SD13	2,50 à 2,70	SD13B	3,90 à 4,70
SD13B	3,90 à 4,70	SD14	0,50 à 3,50
SD14	0,50 à 3,50	SD14B	0,80 à 2,50
SD14B	0,80 à 2,50	SD15	0,70 à 1,20
SD15	0,70 à 1,20	SD15B	-
SD15B	-	SD16	1,00 à 3,50
SD16	1,00 à 3,50	SD16B	3,90 à 4,40
SD16B	3,90 à 4,40	SD17	1,00 à 4,50
SD17	1,00 à 4,50	SD17B	1,00 à 5,90
SD17B	1,00 à 5,90	SD18	6,10 à 6,80
SD18	6,10 à 6,80	SD18B	-
SD18B	-	SD19	1,20 à 1,60
SD19	1,20 à 1,60	SD19B	-
SD19B	-		

Figure III.27: Affaissements à la surface du sol au sud de Cuners.



Figure III.26: vue générale de la carrière de Cuners.



direction du lieu-dit La Masure, sans que l'on puisse juger de l'étendue de cette zone. Des cuvettes sont également visibles à la surface de ce terrain, entre la ferme de Cuniers et la propriété de la Masure, ce qui renforce ce doute. Elles apparaissent plus marquées sur les photos aériennes de 1949 sur lesquelles on peut constater une certaine irrégularité de la surface du sol. Elles pourraient correspondre à d'anciens affaissements de terrain.

Le plan marnières signale la cavité du Chêne de la Lieue sur la parcelle 68 (signallement de deux puits). L'examen des photos aériennes de 1949 permet de distinguer quelques vestiges dans ce secteur, qui pourraient être liés à cette ancienne exploitation mais qui ne correspondent pas tout à fait aux points localisés par le plan marnières. On remarque ainsi, en limite des actuelles parcelles

Figure III.29: Photo aérienne de 1949 zoomée au niveau du lieu-dit le Chêne de la Lieue.



Parmi les carrières citées par les archives départementales, seule celle du Chêne de la Lieue est décrite comme ayant fourni de la pierre à bâtir. Les matériaux étaient convoyés jusqu'à la gare de Mortagne, ce qui indique qu'un commerce s'effectuait. Une personne habitant ce quartier confirme qu'il existait une excavation sur la parcelle 68, mais qu'elle a été bouchée.

Aucune trace de cette carrière n'est visible sur le terrain et on ne dispose d'aucune information sur les modalités de son comblement. On ne sait pas si elle a été complètement traitée, ni avec quels moyens, ou si ses accès ont été seulement condamnés. Son étendue ne peut pas être définie sans investigation complémentaire, ce qui établit une certaine suspicion quant à son extension.

III.2.2.4.1. Carrière du Chêne de la Lieue

III.2.2.4. Carrières répertoriées dans les archives départementales

Figure III.28: Remblais à l'intérieur de la carrière de Curters.



n° 17 et 68, une construction et une tache noire circulaire qui pourrait correspondre à un puits. La zone de suspicion affichée englobe donc une partie des parcelles 17 et 68 en intégrant l'indice de la photo aérienne et les zones signalées par le plan marnières.

III.2.2.4.2. Carrières de la Bretonnière et de la Vallée

Ces deux cavités sont signalées en tant que carrières par les archives départementales, alors que le plan marnières parle plutôt de marnières en indiquant la présence de cavités avérées, de puits ou d'effondrements. Il a été choisi de tenir compte de l'information délivrée par les archives en retenant la présence de carrières au niveau de ces lieux-dits et non pas de marnières.

Elles ne sont pas visibles sur le terrain, car elles ont été probablement comblées et / ou se sont effondrées. Seul un indice suspect, pouvant être lié à la cavité signalée, se remarque au lieu-dit la Vallée. Il s'agit d'une cuvette en forme de cône d'affaissement remplie d'eau (petite mare). L'emprise des deux cavités ne peut donc qu'être suspectée en délimitant des périmètres d'extensions relativement larges autour des points de localisation indiqués par les documents d'archive.

> Au lieu-dit la Bretonnière, la zone de suspicion est comprise entre la RD5, la Petite Bretonnière et la Grande Bretonnière en incluant le lieu-dit le Gué au maître.

> La cavité du lieu-dit la Vallée est signalée sur la parcelle 5 par le plan marnières. La mare signalée ci-dessus se situe en limite des parcelles n° 79 et 80, 200 mètres environ à l'ouest du point identifié par le plan marnières. L'emplacement de cette mare est également visible sur les photos aériennes de 1949, mais on distingue plutôt une forme rectangulaire claire laissant penser à une zone d'extraction. Cet indice a poussé à centrer la zone de suspicion de cette carrière sur la mare, en représentant un cercle de 250 mètres de rayon englobant le point signalé par le plan marnières et en calant sa limite le long de la RD306 située au pied de la parcelle 80.



Figure III.30: mare visible en limite des parcelles 79 et 80 (lieu-dit La Vallée). Ses bordures font penser à une zone effondrée. La cavité signalée par le plan marnières se situe 200 mètres à l'amont de cette mare.

De plus, dans ce même secteur, les archives départementales signalent un projet d'ouverture de carrière sur la commune de Réveillon, au lieu-dit la Horrière, qui montre que les environs de Curiers ont fait l'objet d'un certain intérêt pour l'exploitation de matériaux.

De plus, dans ce même secteur, les archives départementales signalent un projet d'ouverture de carrière sur la commune de Réveillon, au lieu-dit la Horrière, qui montre que les environs de Curiers ont fait l'objet d'un certain intérêt pour l'exploitation de matériaux.

Non loin du chemin de Curiers, un fontis s'est également formé en limite communale avec Réveillon en septembre 2018. Un chien a chuté à l'intérieur. Son secours a conduit les sauveurs dans une cavité étroite jusqu'à une petite plateforme étroite située à une dizaine de mètres de profondeur. Ils auraient ensuite observé une ramification, au-delà de ce replat, sans y pénétrer.

Deux d'entre eux présentent des indices de surface probablement liés aux cavités suspectées :

Le Tellier et la Pêcherie.

Les secteurs ainsi retenus se situent aux lieux dits le Chemin de Curiers, la Massure, la Cloutière,

sur des superficies plus ou moins importantes.

En toute logique, ces exploitations se sont établies dans des secteurs accessibles, permettant un

acheminement aisé de la pierre. D'autres zones de cavités signalées par le plan marnières se situent également le long des RD9 et RD10 et de l'ancienne voie ferrée. Elles présentent la même logique d'implantation et pourraient également correspondre à des carrières de pierre. Elles ont donc été retenues par le PPRN et ont conduit à la détermination de zones de suspicions affichées

sur des superficies plus ou moins importantes.

III.2.2.5. Les autres cavités retenues par le PPRN

Figure III.31: Photo aérienne de 1949. On distingue une forme rectangulaire claire à la place de la mare actuelle.



Pour les phénomènes hydrauliques, la probabilité d'occurrence est relativement aisée à estimer, par exemple en mesurant régulièrement le débit des cours d'eau. Elle l'est beaucoup moins pour les phénomènes de mouvements de terrain qui ne répondent pas à la même périodicité que les phénomènes hydrauliques. Un mouvement de terrain est un phénomène gravitaire plutôt très aléatoire réagissant à l'instabilité des terrains. Pour les phénomènes d'effondrements de cavités souterraines et d'affaissements, la notion de probabilité d'occurrence est alors plutôt approchée en considérant la prédisposition des sites à l'apparition de ruptures géotechniques.

L'estimation de la probabilité d'occurrence d'un phénomène de nature et d'intensité données implique théoriquement une démarche statistique qui nécessite de longues séries de mesures ou d'observations du phénomène. Elle s'exprime généralement par une **periode de retour** qui correspond à la durée moyenne qui sépare deux occurrences du phénomène. Un phénomène dit décennal se produit **en moyenne** tous les dix ans si l'on considère une période suffisamment longue (un millénaire) ; cela ne signifie pas que ce phénomène se reproduit périodiquement tous les dix ans mais simplement qu'il s'est produit environ cent fois en mille ans, ou qu'il a une chance sur dix de se produire chaque année.

L'intensité du phénomène peut être appréciée en fonction de l'extension possible des effondrements à attendre ou de l'importance des déformations infligées au terrain par un affaissement. L'ampleur du phénomène influe sur les conséquences prévisibles en surface. Ces grandeurs peuvent s'évaluer en fonction de la géométrie et du volume des cavités.

L'élaboration de la carte des aléas impose de connaître, sur l'ensemble de la zone étudiée, l'intensité et la probabilité d'occurrence des divers phénomènes naturels.

III.3.1. Notion d'intensité et de fréquence

III.3. Qualification de l'aléa



Figure III.33: Indice de puits et dépression de terrain sur les photos aériennes de 1949.

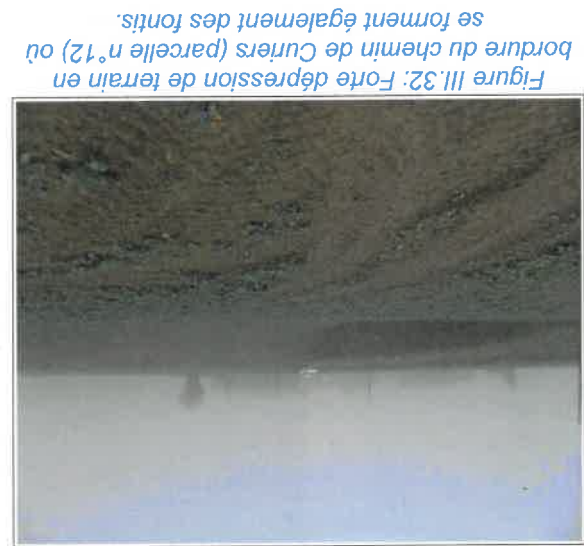


Figure III.32: Forte dépression de terrain en bordure du chemin de Curters (parcelle n°12) où se forment également des fontis.

Les autres secteurs (la Cloutière, le Tellier et la Pêcherie) ne présentent pas d'indice révélant une présence de cavités. Seul leur signallement par le plan marinières est alors retenu.

> La présence d'un puits est visible sur les photos aériennes de 1949 en bordure est de la parcelle n°53, à l'est de la ferme de La Masure (le long de la voie verte).

III.3.2. Représentation de l'aléa

III.3.2.1. Règles générales

La carte des aléas s'efforce de déterminer l'emprise des terrains exposés aux mouvements de terrain, en mettant en avant des secteurs plus fortement concernés que d'autres. Elle subdivise les phénomènes naturels en plusieurs niveaux d'importance qui sont traduits en termes d'aléas : aléas très fort, fort, moyen et faible. Les niveaux d'aléas répondent à des critères de classification propres à chaque type de phénomène (voir § III.3.3 Critères de qualification de l'aléa).

L'aléa est représenté en tenant compte des incertitudes liées à l'imprécision des informations recueillies (par exemple : cavité non localisable précisément, zone remblayée d'extension incertaine). Il peut donc être très étendu sur certains secteurs lorsque l'information disponible n'est pas détaillée.

III.3.2.2. Règles spécifiques à l'aléa effondrement

L'aléa effondrement de cavités souterraines débordé systématiquement de l'emprise réelle des cavités. Il est tenu compte de l'impact que peut avoir un effondrement en bordure de carrière. En s'effondrant, le sol peut céder sous un certain angle d'influence, puis à long terme il cherchera une nouvelle pente d'équilibre en régressant sur la bordure de l'effondrement. En cas de rupture en limite d'une cavité, l'emprise du mouvement de terrain empiètera donc forcément au-delà de l'emprise réelle de la cavité (extension latérale supérieure à l'emprise réelle de la cavité). En surface, l'effondrement se fait donc ressentir en développant un cône d'influence plus étendu que la cavité. Le schéma et la photo ci-dessous traduisent l'angle d'influence pouvant s'appliquer en bordure de cavité.

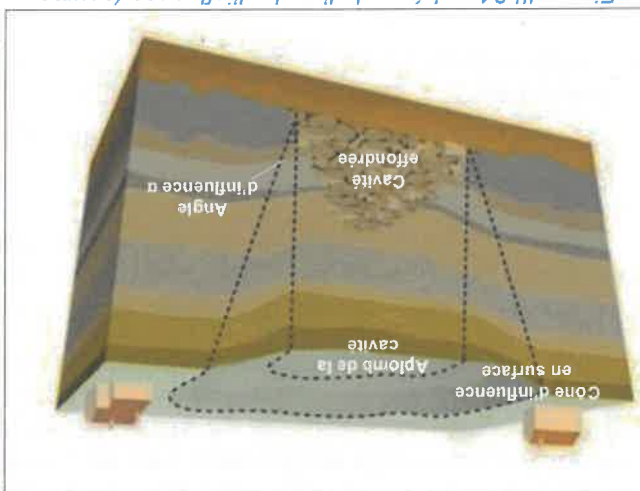


Figure III.34: schéma de l'angle d'influence (source Alp'Géorisques - Orède - Graphie - MEDD).



Figure III.35: exemple d'angle d'influence et d'impact en surface (photo d'illustration prise hors zone d'étude - Alp'Géorisques).

L'angle d'influence α s'applique à partir du sol de la cavité. Sa projection (L) en surface répond à une règle trigonométrique. Elle est égale au produit de la tangente de l'angle (tg α) par la profondeur (P) du sol de la cavité [tg α = coté opposé (L) / coté adjacent (P)], soit $L = \text{tg } \alpha \times P$.

Les témoignages historiques relatent peu de mouvements de terrain constatés en surface :

- > un fontis s'est produit en bordure de la RD 10 au niveau d'une ancienne entrée de la carrière du village (petite zone de vide oubliée ou mal remblayée, ou tassement de remblai suite à la dégradation de matériaux putrescibles) ;
- > une pelle mécanique a percé la voûte de la cavité du village au niveau de la RD 628 ;
- > un affaissement récurrent de la chaussée de la RD 10 a été signalé jusque dans les années 1990 ;

L'inspection de la carrière du village a montré une forte dégradation générale de l'édifice. Sa voûte présente une fissuration géologique et mécanique très développée ainsi que de nombreuses zones de décollements. Plusieurs piliers sont également affectés par des fissures mécaniques qui témoignent de l'usure, voire de l'état de ruine de certains éléments porteurs. Ce constat géotechnique montre que plusieurs types de mouvements de terrain peuvent survenir au droit des cavités non remblayées :

- > Des fontis plus ou moins localisés peuvent se manifester, si un mécanisme de chutes de toit

III.3.3.1. Phénomène de référence

La détermination du type de mouvement de terrain possible sur un site donne nécessairement de disposer de phénomènes de référence applicables à ce site. A conditions égales, un phénomène qui s'est déjà manifesté en un point donné peut se reproduire sur d'autres sites identiques, si les mêmes conditions sont réunies. Cette connaissance permet de s'approprier les mécanismes des mouvements de terrain possibles au niveau de la zone d'étude et leur ampleur.

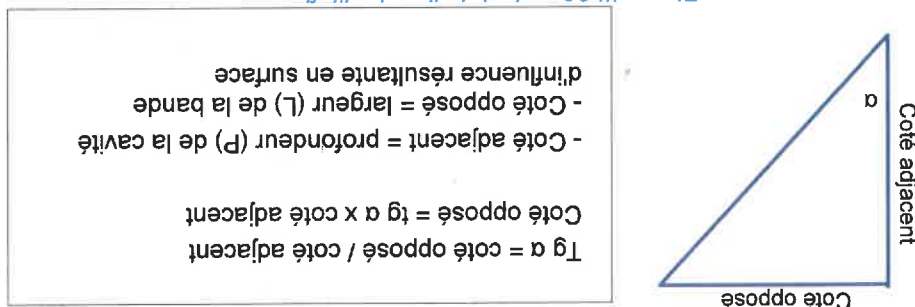
Partant des phénomènes de référence ainsi identifiés, l'aléa est ensuite qualifié en croisant l'intensité possible des phénomènes naturels avec leur probabilité d'occurrence. Deux notions sont donc considérées pour sa qualification : intensité et probabilité d'occurrence.

III.3.3. Critères de qualification de l'aléa

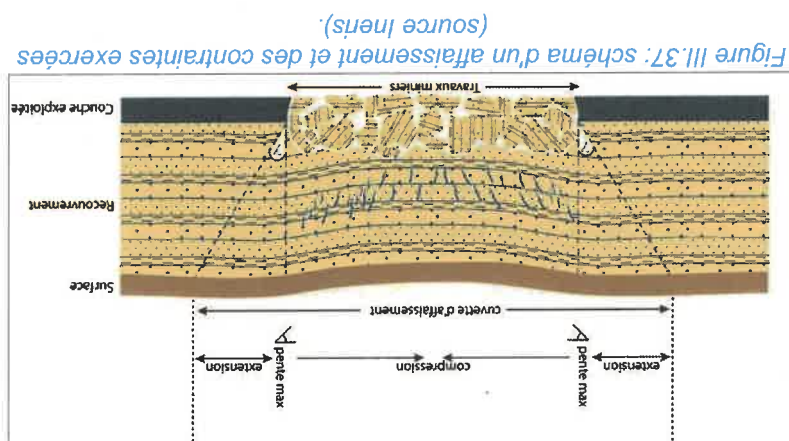
Aucun effondrement d'importance avec impact latéral n'a été observé sur la commune. Nous ne disposons donc pas d'angle d'influence de référence sur la commune. Dans son étude de diagnostic de stabilité de carrière souterraine d'avril 2015 (référence n°61129-006-007), le Cerema estime cet angle à 30°. Compte-tenu de la faible profondeur des cavités, de l'aspect très tendre de la craie et du faible recouvrement de terrain meuble (point constaté par les sondages), cet angle de 30° semble approprié au contexte géologique de la commune de Courgeon. Il est donc retenu pour être appliqué en périphérie des cavités cartographiées précisément.

Concernant la carrière de Curiers qui n'a pas fait l'objet de levé topographique, l'emprise de l'aléa est estimée selon le périmètre apparent de la cavité. Il ne peut pas être appliqué d'angle d'influence puisque nous ne connaissons pas son contour précis ni sa profondeur exacte. L'enveloppe d'aléa est alors élargie de quelques dizaines de mètres en plus de l'emprise estimée de la carrière, pour réduire au mieux toute erreur d'appréciation de son étendue.

Figure III.36: calcul de l'angle d'influence.



L'ampleur des déformations de terrain dépend de plusieurs facteurs. Les principaux sont la hauteur de vide (cavité de très faible hauteur sous plafond ou vide résiduel non remblayé), l'épaisseur du recouvrement de la cavité (estimation de la compensation de la cavité, la méthode d'exploitation, le pendage stratigraphique, la présence de failles, etc. Plus ces facteurs apparaissent défavorablement, plus la mise en pente du terrain peut être prononcée avec une intensité résultante qui s'élève.



L'impact d'un affaissement à la surface du terrain se traduit par la formation d'une dépression plus ou moins prononcée, avec une certaine mise en pente du sol en bordure du phénomène et la manifestation d'un mouvement vertical général (mise en pente plus significative en bordure de cuvette et amplitude de déformations verticales plus forte au centre). Les dégâts aux biens sont donc liés aux déformations différentielles verticales subies et aux efforts d'extension et de compression qui s'exercent aux points de courbure entraînant la mise en pente du terrain.

III.3.3.2.1. Intensité des affaissements

La répercussion d'un phénomène sur son environnement sera plus ou moins forte selon le contexte initial de la zone où prend naissance le phénomène (caractéristiques géométriques et géotechniques du site). Par exemple, l'intensité de l'effondrement d'une cavité haute sous plafond sera beaucoup plus importante que celle d'une cavité de faible hauteur. Dans cet exemple, le volume de vide à compenser croît avec la hauteur de voûte, donc les répercussions du mouvement de terrain en surface sont plus conséquentes. L'intensité d'un phénomène peut donc être estimée en jugeant le contexte et les caractéristiques des vides pouvant conduire à des mouvements de terrain.

L'intensité d'un phénomène traduit l'ampleur de l'impact subi par le secteur affecté par le phénomène. Elle peut également être estimée en tenant compte des difficultés et du coût des mesures qu'il conviendrait d'engager pour prévenir la survenance du phénomène ou réparer les dommages causés par le phénomène.

III.3.3.2. Intensité du phénomène

L'affaissement récurrent rapporté au niveau de la RD 10 traduit une possibilité de mouvements de terrain au niveau des secteurs mal remblayés ou présentant des vides résiduels sous les voûtes. Le terrain s'affaisse plus ou moins modérément, sans conduire à de réels effondrements. Sa surface se déforme en fonction du vide résiduel à compenser.

recurrentes s'installe (mise en place de cloches de fontis).
 > Des effondrements plus étendus que des fontis sont possibles si des piliers cèdent en entraînant la voûte, sans toutefois conduire à un effondrement généralisé de la carrière.

L'intensité d'un effondrement généralisé est donc systématiquement considérée entre élevée et très élevée.

De tels effondrements peuvent entraîner la ruine des biens situés en surface. Les dégâts peuvent donc être très dommageables et les parades pour s'en prémunir demandent la mise en œuvre de moyens lourds (par exemple : comblement intégral de cavité).

Un effondrement généralisé (ou en masse) traduit un phénomène d'étendue importante, voire très importante, pouvant concerner l'intégralité d'une cavité. Il est lié à l'état géotechnique général des cavités, dont en particulier les taux de défrêtement, la qualité des points d'appui (piliers, bordures des cavités), les caractéristiques du recouvrement (épaisseur, nature des matériaux), la résistance de la roche (valeur connue ou ordre de grandeur estimé), la fissuration, etc. Le phénomène peut très fortement chahuter le sol en provoquant d'importants décrochements à la surface du terrain, jusqu'à conduire à une situation chaotique.

III.3.3.2.3. Intensité des effondrements généralisés

Classe intensité effondrements localisés

Classe d'intensité	Diamètre de l'effondrement (en mètres)
Élevée	$\emptyset > 10 \text{ m}$
Moderée	$3 \text{ m} < \emptyset < 10 \text{ m}$
Limitée	$\emptyset < 3 \text{ m}$

L'intensité des effondrements localisés est définie selon l'importance des phénomènes. Elle est hiérarchisée en quatre classes exprimées en fonction du diamètre des effondrements.

Les dégâts dus à un effondrement localisé sont principalement liés aux graves défauts de portance (qui peuvent survenir au droit du phénomène) (par exemple si le phénomène se manifeste sous des fondations). Leur gravité augmentera proportionnellement à l'ampleur de l'effondrement. Ainsi, un bâti touché par un fontis très localisé peut subir des dommages équivalents à un tassement différentiel alors qu'un fontis plus important (plusieurs mètres de diamètre) peut infliger des dégâts plus conséquents, voire une ruine de la construction.

Un effondrement localisé traduit la formation d'un fontis dont le diamètre peut varier de quelques décimètres à plusieurs mètres, voire plus. Le phénomène entraîne donc un trou avec un décrochement de terrain plus ou moins redressé en surface (bordure en forme évasée liée au talutage naturel du terrain). Sa profondeur peut varier en fonction de la réception et du calage naturel des matériaux au fond de la cavité (stabilisation et talutage naturels des matériaux) et de la compensation du vide par le foisonnement sous la voûte qui a cédé.

III.3.3.2.2. Intensité des effondrements localisés

Classe intensité affaissements

Classe d'intensité	Mise en pente des terrains (%)
Très limitée	$P < 1$
Limitée	$1 < P < 3$
Moderée	$3 < P < 6$
Élevée	$P > 6$

L'intensité d'un affaissement est évaluée en estimant l'importance possible de la pente du terrain de surface au niveau de la dépression. Elle est hiérarchisée selon quatre classes qui sont définies à partir d'intervalles de pentes exprimées en pourcents.

Critères	<p>Probabilité d'occurrence ou prédiposition aux affaissements</p>
	<p>Faible</p> <ul style="list-style-type: none"> > Cavité étroite de type galerie (environ 1,50 mètre de largeur) à plus de 8 mètres de profondeur et de faible hauteur sous plafond (jusqu'à 1,20 mètre). > Cavité totalement remblayée depuis la surface avec certitude de la suppression des vides (par exemple voûte effondrée puis comblément jusqu'au niveau du terrain naturel [cavité supprimée]).

Le tableau suivant présente les critères retenus pour la qualification de la prédiposition aux affaissements.

L'appréciation de ces facteurs, à partir des investigations réalisées et des connaissances acquises, permet d'estimer à dire d'expert la prédiposition d'un site aux affaissements de terrain.

- > nature des cavités (hauteur de voûte, forme des cavités) ;
- > profondeur des cavités et nature du recouvrement) ;
- > nature de la roche et résistance connue ou estimable par observation ;
- > comblément par bourrage de remblais et estimation des vides résiduels au niveau de la voûte ;
- > état géotechnique connu du site ;
- > présence d'eau ;
- > etc.

La prédiposition d'un site aux affaissements est généralement liée à la nature de la cavité, aux conditions de remblaiement des parties comblées, au contexte encaissant.

III.3.3.3.1. Probabilité d'occurrence des affaissements

Dans le cadre des mouvements de terrain, la notion de probabilité d'occurrence est ramenée à la prédiposition d'un site à un type de rupture. L'expertise géotechnique des cavités et l'analyse des secteurs concernés par la présence avérée ou supposée de vides permettent d'établir un bilan sur la prédiposition d'un site à la rupture. Les critères de jugement intervenant dans ce bilan sont essentiellement géotechniques (fissuration, taux de défrutement, état des piliers, cloches de fontis, présence d'eau et sensibilité des matériaux à l'eau, etc.).

Les mouvements de terrain sont des phénomènes non périodiques. Ils sont quasiment imprévisibles dans le temps et ne correspondent pas à une période de retour. Ils évoluent généralement lentement, sur de longues périodes, et peuvent connaître de brusques accélérations. Cette lente évolution correspond au vieillissement et à la dégradation naturelle inéluctable des cavités. Elle se manifeste de façon plus ou moins prononcée en fonction des caractéristiques géotechniques des édifices. Les structures portantes de ces derniers se fragilisent ainsi petit à petit, avec en phase ultime des phénomènes de ruptures mécaniques localisées ou généralisées selon les cas.

III.3.3.3. Probabilité d'occurrence

Classe intensité effondrements généralisés

Classe d'intensité	Élevée à très élevée
Mise en pente des terrains (en%)	Effondrement en masse de la surface

Critères	<ul style="list-style-type: none"> > Epaisseur de cerneau supérieure à 10mètres. > Pas de fissuration mécanique des piliers. > Fissures géologiques rares et peu développées tolérées au niveau des piliers, sous réserve qu'elles ne mettent pas en jeu la stabilité de la cavité. > Fissures mécaniques rares et peu développées tolérées au niveau de la voûte, sous réserve qu'elles ne mettent pas en jeu la stabilité de la cavité. > Fissures géologiques peu nombreuses tolérées au toit, sous réserve qu'elles ne mettent pas en jeu la stabilité de la cavité. > Décollement de voûte localisé toléré (faible superficie impactée) sans autre signe environnant de fragilité. > Chute de toit localisée et peu conséquente tolérée dans la tranche de cerneau d'épaisseur supérieure à 10 mètres. > Karst peu développé. > Portées entre appuis inférieures à 6 mètres. 	Faible
	Probabilité d'occurrence ou de prédiposition aux effondrements localisés	

L'appréciation de ces facteurs à partir des inspections géotechniques réalisées permet d'estimer, à dire d'expert, la prédiposition d'un site aux effondrements localisés. Le tableau suivant présente les critères retenus pour la qualification de la prédiposition aux effondrements localisés.

- > présence de cloche de fontis ;
- > fissuration de la voûte ;
- > nature des terrains de recouvrement ;
- > épaisseur du recouvrement (cerneau des cavités) ;
- > fissuration des piliers ;
- > estimation de la répartition des charges entre les piliers, résistance apparente des piliers ;
- > présence d'eau et sensibilité de la roche à l'eau ;
- > portées entre appuis (longueur de voûte non soutenue) et taux de défrètement ;
- > présence de conduits karstiques au niveau des voûtes ;
- > nature des matériaux de remblaiement des puits et stabilisation de ces derniers ;
- > etc ;

La prédiposition d'un site aux effondrements localisés est plutôt liée à la présence de secteurs localement dégradés dans les cavités. Plusieurs types d'effondrements localisés peuvent se produire : chutes de toit, rupture d'un pilier, débouillage d'orifices (karst ou puits). La prédiposition aux effondrements localisés est donc estimée en notant toutes anomalies géotechniques pouvant fragiliser les édifices :

III.3.3.2. Probabilité d'occurrence des effondrements localisés

Probabilité d'occurrence affaissements

Moyen	<ul style="list-style-type: none"> > Cavité remblayée par bourrage, sans distinction de profondeur, avec vide résiduel d'environ 0,50 mètre ; > Entrée de cavité remblayée (partie débouchant à ciel ouvert).
Fort	<ul style="list-style-type: none"> > Cavité remblayée par bourrage avec vide résiduel compris entre 0,50 et 1 mètre. > cavité remblayée par bourrage sans information précise sur l'agencement des remblais.

Les effondrements généralisés peuvent concerner les anciennes carrières étendues, exploitées par la technique des chambres et piliers. La prédisposition du phénomène répond en grande partie aux mêmes critères que pour les effondrements localisés, avec un facteur supplémentaire d'importance qui concerne les contraintes s'exerçant défavorablement sur un grand nombre de

III.3.3.3. Probabilité d'occurrence des effondrements généralisés

Probabilité d'occurrence effondrements localisés

Fort	Moyen	
<p>À la prise en compte de ces critères s'ajoute l'appréciation géotechnique générale que porte l'expertise sur la cavité.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Epaisseur de cerveau inférieure à 5 mètres. ➤ Fissures géologiques de la voûte fréquentes et/ou développées. ➤ Fissuration mécanique notable de la voûte mettant en évidence sa fragilisation. ➤ Fissuration mécanique des piliers, notamment fissuration subverticale. ➤ Fort élanement des piliers (aspect visuel du rapport hauteur / section des piliers). ➤ Présence de conduits karstiques importants recoupant les piliers (forte réduction de la résistance mécanique des piliers). ➤ Décollement de voûte très significatif (masse décollée de la voûte avec indices de déplacements centimétriques). ➤ Cloche de fontis d'apparence active. ➤ Zone d'effondrement historique. ➤ Zone de chutes de toit dans la tranche de cerveau inférieure à 5 mètres, ou effondrement plus conséquent que soit l'épaisseur du cerveau. ➤ Portées entre appuis supérieures à 8 mètres. ➤ Taux de détruitement supérieur à 75 %. ➤ Présence d'eau permanente. 	<p>À la prise en compte de ces critères s'ajoute l'appréciation géotechnique générale que porte l'expertise sur la cavité.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Epaisseur de cerveau comprise entre 5 mètres et 10 mètres. ➤ Pas de fissuration mécanique ou de fissuration géologique majeure des piliers. ➤ Karst peu développé au niveau de la voûte et pas de karst au niveau des piliers. ➤ Fissures géologiques et mécaniques rares tolérées au niveau de la voûte, sous réserve qu'elles ne mettent pas en jeu la stabilité de la cavité. Les Fissures géologiques sont plus facilement tolérées au toit selon le contexte de la cavité, notamment du type de piliers. Pour les fissures contemporaines de l'exploitation chercher à identifier s'il s'agit de fissures contemporaines de l'exploitation (libération de contraintes au moment de l'extraction de la roche) ou de fissures post-exploitation liées à des mouvements de terrain. ➤ Cloche de fontis d'origine ancienne et d'apparence stabilisée. ➤ Décollement de voûte localisé toléré (faible superficie impactée) sans autre signe environnant de fragilité. ➤ Chute de toit localisée et peu conséquente tolérée dans la tranche de cerveau d'épaisseur supérieure à 5 mètres. ➤ Portées entre appuis comprises entre 5 mètres et 8 mètres. ➤ Taux de détruitement compris entre 60 % et 75 % ➤ Présence d'eau temporaire tel que rejet pluvial. 	<p>À la prise en compte de ces critères s'ajoute l'appréciation géotechnique générale que porte l'expertise sur la cavité.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Taux de détruitement inférieur à 60 % ➤ Pas de présence d'eau.

pilliers proches les uns des autres. Ces derniers fortement sollicités par le poids de la voûte à supporter peuvent avoir atteint leur limite de résistance, voire pour certains déjà présenter un état de ruine avancé. Des ruptures sont alors possibles (ruptures simultanées de plusieurs pilliers ou rupture individuelle de pilliers entraînant par « effet de châteaueu de cartes » la chute d'autres éléments porteurs.

Les critères « taux de détruitement » et « fissuration des pilliers sont particulièrement décisifs dans l'estimation de la prédéposition d'une cavité à un effondrement généralisé.

Les taux de détruitement peuvent intervenir pour beaucoup, notamment en présence de matériaux peu résistants à la compression et selon les épaisseurs de recouvrement. Ainsi, plus l'épaisseur de recouvrement est importante, plus le poids de la voûte supporté par les pilliers est conséquent. Les contraintes mécaniques subies par les pilliers augmentent donc proportionnellement avec l'épaisseur de recouvrement des cavités. En cas de soutènement insuffisant, la résistance des pilliers s'opposant au poids de la voûte peut ainsi être dépassée, ce qui peut conduire à une rupture généralisée.

Le taux de détruitement traduit la surface exploitée d'une cavité. Plus sa valeur est élevée, plus le site est sous-cavé et plus la surface restante (pilliers) est faible. Sachant qu'à taux de détruitement égal, l'aptitude portante des pilliers en place diminue au fur et à mesure que l'épaisseur de recouvrement augmente, il existe donc une relation entre les taux de détruitement et les épaisseurs de recouvrement pour établir la prédéposition à l'effondrement massif d'une cavité.

Le diagnostic géotechnique des cavités permet de constater l'état général de fissuration des pilliers et d'identifier si un mouvement de terrain généralisé est possible par rupture simultanée, ou par enchaînement, de plusieurs d'entre eux. Il est ainsi tenu compte de l'état mécanique individuel de chaque pilier, mais également de l'état général de stabilité des cavités en cherchant à identifier si les défaillances mécaniques sont répétitives. Cela conduit à considérer l'état général des pilliers par secteur de cavité.

Ces points demandent d'adapter les critères « taux de détruitement » et « fissuration des pilliers » pour l'évaluation des prédépositions aux effondrements généralisés.

Probabilité d'occurrence ou prédéposition aux effondrements généralisés	Critères
Faible	À la prise en compte de ces critères s'ajoute l'appréciation géotechnique générale que porte l'expertise sur la cavité et en particulier sur les caractéristiques des pilliers (sections, élançement, etc.). > Taux de détruitement compris entre 60 % et 85 % pour une épaisseur de recouvrement inférieure à 5 m. > Pas de présence d'eau. > Fissuration de moins de 20 % des pilliers au sein d'un périmètre donné de la cavité.
Moyen	À la prise en compte de ces critères s'ajoute l'appréciation géotechnique générale que porte l'expertise sur la cavité et en particulier sur les caractéristiques des pilliers (sections, élançement, etc.). > Taux de détruitement compris entre 70 % et 85 % pour une épaisseur de recouvrement comprise entre 5 et 15 m. > Présence d'eau temporaire tel que rejet pluvial. > Fissuration mécanique de 20 % à 50 % des pilliers au sein d'un périmètre donné de la cavité.

III.3.3.4. Hiérarchisation de l'aléa lié à la présence de cavités souterraines

Probabilité d'occurrence présomption de vides

Très probable, voire certaine	Forte
Probable	Moyenne
Improbable	Faible
Présomption	Probabilité d'occurrence

Dans ces cas de figure, la présence de cavité ne peut donc pas être affirmée avec certitude, ni localisée. Seule une présomption de vides peut être mise en avant, avec à la clé la détermination d'une probabilité d'occurrence de présomption de vide (ou prédisposition à la rupture). Il convient toutefois de pondérer cette dernière en intégrant à la démarche les lacunes d'information. Cette nuance permet de tenir compte de l'incertitude et de l'imprécision des informations, sans minimiser les règles sécuritaires devant encadrer de tels cas de figure. Elle est établie en jugeant la qualité de l'ensemble des informations recueillies, la sensibilité à la rupture de la roche à partir des connaissances acquises sur des sites accessibles relativement similaires.

La présomption de vide est graduée en trois niveaux : improbable, probable et très probable, voire certaine.

Certains cavités signalées sont inaccessibles car condamnées. Dans ce cas, seuls des témoignages permettent de se faire une idée sur la présence possible de vides et sur leur extension, en cherchant parallèlement d'autres indices de confirmation.

Des indices de terrain seuls peuvent également traduire une présence possible de cavités oubliées (par exemple dépressions de terrain, vestiges d'installations de surface, etc.), sans qu'aucun témoignage ne le confirme.

III.3.3.4. Probabilité d'occurrence en cas de « présomption de vides »

Probabilité d'occurrence effondrement généralisés

Fort	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cavité inaccessible de type chambres et piliers, mais de présence certaine. ➤ Taux de défrètement > 85 % quelle que soit l'épaisseur de recouvrement. ➤ Présence d'eau permanente sur une grande superficie. ➤ Fissuration de plus de 50 % des piliers au sein d'un périmètre donné de la cavité. <p>À la prise en compte de ces critères s'ajoute l'appréciation géotechnique générale que porte l'expertise sur la cavité et en particulier sur les caractéristiques des piliers (sections, élançement, etc.).</p>
------	--

Hierarchisation de l'aléa lié à la présence de cavités souterraines

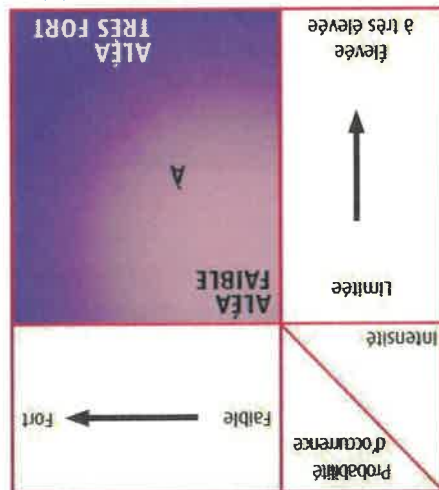
Intensité	Probabilité d'occurrence	Faible	Moyenne	Forte
Très limitée (affaissement et effondrement auto-remblayé)	Faible	Faible	Faible	Moyen
Limitée (affaissement net et petit fontis)	Faible	Faible	Moyen	Moyen
Moderée (affaissement et effondrement localisé)	Moyen	Moyen	Moyen	Fort
Élevée à très élevée (affaissement, fontis important et effondrement généralisé)	Moyen	Moyen	Fort	Fort à très fort

L'aléa de mouvements de terrain lié à la présence de cavités souterraines a donc été cartographié en intégrant l'ensemble de l'information recueillie, tout en tenant compte des doutes subsistants. Sa hiérarchisation s'est appuyée sur la grille de traduction suivante.

L'étude menée à l'échelle de la commune (prospections de terrain, visites de cavités, enquêtes de terrain, exploitation d'archives, exploitation de la bibliographie, études géophysiques et géotechniques complémentaires) permet d'évaluer le plus objectivement possible les facteurs d'intensité et de probabilité d'occurrence. Cette analyse globale permet une certaine connaissance des cavités présentes sur la commune, avec toutefois certaines zones de doutes qui ne peuvent pas être levées. Les efforts d'investigations complémentaires au sein du village ont permis d'écartier toute incertitude au niveau des zones à enjeux de la commune. Les zones de doutes concernent uniquement des secteurs agricoles.

Le niveau d'aléa est évalué en croisant l'intensité du phénomène avec sa probabilité d'occurrence (ou prédisposition à la rupture). Le niveau d'aléa croît proportionnellement à l'élévation de ces deux facteurs comme schématisé dans le tableau suivant.

Figure III.38: Echelle de hiérarchisation de l'aléa lié à la présence de cavités souterraines (guide PPRN cavités souterraines abandonnées)



La partie centrale de la carrière du village a fait l'objet d'un comblement par injection de coulis de ciment. Cette zone ainsi traitée est confortée de façon sûre et pérenne, la zone de vide ayant été remplacée par un matériau adapté sur la base de directives techniques.

L'aléa est donc ramené à un niveau négligeable (E0) à ce niveau.

III.3.4.1. Carrière principale du village

III.3.4. Identification des phénomènes et détermination de l'aléa

Codification cartographique de l'aléa (carte des aléas)

Type de phénomène	Niveau d'aléa	Code couleur et indices cartographiques
Effondrement	Très fort	E4
	Fort	E3
	Moyen	E2
	Faible	E0
Affaissement	Fort	Cas de figure non rencontré
	Moyen	A2
	Faible	A1

L'aléa est représenté cartographiquement sous la forme d'un zonage délimitant les secteurs exposés aux phénomènes (carte des aléas). Ce zonage s'accompagne d'un code couleur et d'indices permettant d'identifier le type de phénomène et l'importance de l'aléa (niveau d'aléa).

III.3.5. Représentation graphique de l'aléa

Aléa lié aux secteurs comblés par injection de coulis de ciment

Catégorie	Aléa
Cavité comblée par injection de coulis de ciment avec clavage de finition et forage de contrôle	Négligeable

A cette grille de hiérarchisation de l'aléa, nous ajouterons le cas de figure des cavités comblées par injection de coulis de ciment. L'aléa est ramené à un niveau négligeable au niveau des secteurs ainsi traités, puisque le vide est supprimé à l'aide d'un matériau « plein » de substitution. Un niveau d'aléa négligeable est donc considéré dans ce cas de figure. Son affichage permet de mémoriser les travaux réalisés et de tenir informer les propriétaires sur leur existence.

Près de la descenterie d'accès, une zone particulièrement dégradée est visible. Une cloche de fontis est amorcée, plusieurs poteaux en bois anciens sont en place pour soutenir la voûte et des fissures géologiques et mécaniques affectent quelques piliers et le plafond.

Figure III.40: vue générale de la carrière, on notera les zones de karst au niveau des piliers (taches brunes).



> Le reste de la carrière est **exposé à des phénomènes d'effondrements**. L'édifice présente un état géotechnique très insatisfaisant. L'épaisseur de son cerveau est faible. Elle est quasiment systématiquement inférieure à 5 mètres. Sa voûte présente de nombreuses fissures géologiques et mécaniques qui la fragilisent fortement. Plusieurs chutes de toit ont été observées et des décollements de masses rocheuses plus ou moins importantes s'observent. De plus, des fissures mécaniques affectent plusieurs piliers, ce qui fragilise d'autant plus la structure de la cavité. A cela s'ajoute l'existence de conduits karstiques comblés d'argile, visibles au plafond de la cavité ou recoupant des piliers. Ces derniers peuvent également être affaiblis par cette présence de karst et des débouchements d'argile peuvent se manifester au niveau de la voûte.

Figure III.39: partie comblée de la carrière.



➤ Plusieurs galeries de la carrière sont comblées depuis l'intérieur, à l'aide de matériaux de remblais (bourrage de remblais). **Des phénomènes d'affaissements sont possibles** à leur niveau et peuvent s'accompagner de fontis localisés. Cette possibilité de fontis localisés est confondu avec le mécanisme d'affaissement qui caractérise plus manifestement ces zones remblayées.

Un angle d'influence de 30° est appliqué en périphérie de la cavité. Une profondeur de 6 mètres est retenue pour le sol de la cavité, ce qui conduit à afficher une bande d'aléa supplémentaire de 4 mètres au-delà de l'emprise de la cavité ($\text{tg}[30^\circ] \times 6\text{m} = 3,5\text{mètres}$ arrondis à 4 mètres). Il est à noter que cette bande périphérique de 4 mètres s'applique également à la zone comblée au coulis de ciment et que les travaux de comblement en ont tenu compte en débordant de la zone d'enjeux à conforter.

L'aléa d'effondrement correspondant est de niveau fort (E3) sur une grande partie de la carrière. Il s'élève à un niveau très fort (E4) près de la descenterie, au niveau de la zone confortée à l'aide de poteaux en bois.

L'intensité des phénomènes à attendre est estimée de niveau modéré pour les effondrements localisés (diamètre d'effondrement n'excédant pas 10 mètres). Elle s'élève à un niveau élevé en cas de phénomène plus conséquent près de la descenterie.

La probabilité d'occurrence retenue pour ces deux types de phénomènes (effondrement localisé et effondrement plus généralisé) est considérée forte.

Un risque d'effondrement plus important semble également possible près de la descenterie, au niveau du secteur renforcé à l'aide de poteaux en bois. L'effondrement de plusieurs dizaines de mètres carrés de voûte est possible à ce niveau, si l'on juge l'état très dégradé de cette partie de la cavité.

Le scénario de mouvements de terrain le plus probable qui se dégage sur l'ensemble de la cavité est la **formation d'effondrements localisés** (quelques mètres de diamètre en cas de rupture de la voûte et / ou d'un pilier isolé). On notera que la formation de fontis très localisés est également possible en cas de débouillage de karst débouchant en surface. Ce second type de phénomène est cependant très secondaire.

Figure III.41: zone soutenue à l'aide de poteaux en bois près de la descenterie.



Figure III.43: découverture de la carrière de la RD10 avant son comblement intervenu plus tard.



La carrière de la RD 10 a été en partie effondrée et comblée à l'aide de remblais. Une autre partie a probablement été comblée sous la route, depuis l'intérieur de la cavité, à l'aide également de matériaux de remblai (bourrage de remblais). Des témoignages ont signalé des affaissements de chaussée de faible ampleur et les prospections géophysiques et géotechniques ont détecté des anomalies pouvant correspondre aux zones de remblais. Des vides résiduels peuvent subsister et des tassements peuvent affecter les remblais. Des phénomènes d'affaissement sont donc considérés possibles.

III.3.4.2. Carrière de la RD 10

La localisation imprécise de ces zones remblayées pousse à étaler l'aléa plus largement que l'emprise probable des galeries, pour s'assurer de bien les englober. Sa limite s'étire jusqu'aux zones où des ramifications condamnées sont signalées par des témoignages.

L'aléa d'affaissement correspondant est de niveau moyen (A2). Il s'étend jusqu'à la RD 10.

La probabilité d'occurrence du phénomène est jugée moyenne et son intensité est évaluée à un niveau modéré.

Figure III.42: galerie remblayée par bourrage de matériaux (arrière plan de la photo).



Figure III.44: vue générale de la partie accessible de la carrière de Curiers.



Figure III.45: partie remblayée de la carrière de Curiers.



La carrière de Curiers présente une partie très accessible (partie nord) qui est exposée aux phénomènes d'effondrements. Sa partie sud est remblayée depuis l'intérieur, quasiment jusqu'à la voûte. Elle est plutôt considérée exposée aux phénomènes d'affaissements.

III.3.4.4. Carrière de Curiers

Sa localisation imprécise poussée à cartographier l'aéa selon une bande très élargie.

L'aéa d'affaissement correspondant est de niveau faible (A1).

L'intensité des phénomènes à attendre à son niveau est jugée de niveau faible (mouvements de terrain probablement rapidement compensés par le foisonnement des matériaux).

Une présomption de vide probable est considérée à son sujet. Ses caractéristiques (faible hauteur, étroitesse et profondeur) amènent à retenir une prédisposition peu sensible à la rupture, ce qui pondère la probabilité d'occurrence de présomption de vide à un niveau faible.

Des témoignages précis décrivant une galerie reliant la carrière du village à un ancien puits d'extraction situé à l'est du village, poussent à prendre en compte la présence probable d'une cavité. Cette galerie atteindrait une dizaine de mètres de profondeur à sa jonction avec l'ancien puits et elle présenterait quelques ramifications de faible développement. Elle serait étroite et tendance à plonger vers l'est depuis son démarrage de la carrière du village. Elle serait étroite et de faible hauteur, ce qui peut conduire à des phénomènes d'affaissements.

III.3.4.3. Extension Est de la cavité du village

Le zonage aéa de la carrière de la RD 10 et celui de la carrière du village se rejoignent pour couvrir d'éventuelles anciennes communications entre les deux.

L'aéa d'affaissement correspondant est de niveau faible (A1) à l'emplacement de la cavité effondrée et sous la RD 10.

L'intensité du phénomène est jugée très limitée à limitée.

La probabilité d'occurrence du phénomène est jugée faible (partie effondrée / remblayée en bordure de la RD 10 et partie remblayée par bourrage de remblais sous la RD 10).

La carrière de Curiers présente un bon état général de conservation. L'épaisseur de son cerveau ne semble pas excéder 5 mètres (pas de relevé altimétrique disponible). Mis à part une zone de karst près de son entrée, on ne note pas de fissuration inquiétante sur ses piliers, ni au niveau de sa voûte.

Son extension au niveau de la zone remblayée ne peut pas être évaluée précisément sans débayer des passages. Il est considéré qu'elle peut s'étendre jusqu'à proximité de la ferme de La Massure située au sud de Curiers.

Le scénario de mouvements de terrain qui se dégage au niveau de la partie accessible est la survenance d'effondrements localisés (pas de signe de pilier fragilisé pouvant laisser suspecter des effondrements plus conséquents).

La probabilité d'occurrence des phénomènes d'effondrements localisés est jugée forte compte tenu de la faible épaisseur présupposée du cerveau (épaisseur retenue inférieure à 5 mètres).

Pour la partie remblayée, la probabilité d'occurrence est également jugée forte pour la même raison.

Les effondrements pouvant affecter la partie accessible de la carrière ne devraient pas excéder 10 mètres de diamètre. L'intensité du phénomène attendu est donc de niveau modéré.

Pour la zone remblayée, l'intensité des phénomènes d'affaissement est estimée à un niveau limité.

Les alics d'effondrement localisé et d'affaissement correspondent respectivement de niveau fort (E3) et de niveau moyen (A2).

III.3.4.5. Autres secteurs

Les secteurs pour lesquels des informations peu précises signalent une présence possible de cavités sont considérés comme potentiellement exposés à des effondrements localisés. Ils sont localisés près des lieux-dits Le Chêne-de-La-Lieue, La Bretonnière / Le Gué-au-Maitre, La vallée, Le Chemin de Curier, La massure, La Cloutière, Le Tellier et La Pêcherie.



Figure III.46: forte dépression de terrain au niveau du Chemin de Curiers où sont également signalés des fontis.

La présence de cavités ne peut pas être confirmée avec certitude. Seule une certaine présomption peut être exprimée. Elle est jugée très probable au niveau du Chemin de Curiers, où une forte

La doctrine PPRN stipule que seuls les enjeux existants peuvent être pris en compte. Les enjeux futurs tels que ceux définis par les documents d'urbanisme ne peuvent être retenus par le PPRN, à l'exception des projets déjà autorisés (dotés d'un permis de construire ou de toute autre

- Les espaces agricoles et naturels sont regroupés dans une même catégorie de zone. Ils intègrent de façon indifférenciée les terrains cultivés, les prairies et les espaces boisés.
- Voies locales (chemins communaux et dessertes) ;
- Routes départementales (réseau routier principal) ;
- Les voies de communication sont sous-divisées en trois catégories :
- Le village de Courgeon au sein duquel sont distingués deux espaces d'activités économiques (entrepris de charpente et société de conditionnement) ;
- L'habitat dispersé représenté par des hameaux et du bâti isolé.
- Les bâtiments publics sont localisés. Ils correspondent à la mairie et à la salle polyvalente.
- Deux types de zones urbanisées sont différenciés :

La carte des enjeux, établie sur fond cadastral au 1/5 000, permet de cerner les zones présentant une vulnérabilité vis-à-vis des phénomènes de mouvements de terrain étudiés (effondrements et affaissements). Elle est réalisée sur la base des visites de terrain effectuées dans le cadre de l'élaboration du PPRN mouvement de terrain et de l'exploitation des photos aériennes. La typologie de l'occupation du sol retenue concerne les zones urbanisées, les voies de communication et les espaces agricoles et naturels.

III.4.1. Méthodologie et principes de représentation

communaux

III.4. La carte des enjeux, inventaire et analyse des enjeux

Compte-tenu du manque de précision au sujet de ces cavités suspectées, le zonage aléa correspondant est largement étendu sur des secteurs pouvant les abriter, en englobant tous les indices de présence relevés dans la bibliographie (textes et photos aériennes anciennes) ou signalés par des témoignages.

L'aléa d'effondrement correspondant est donc fort (E3) au niveau du chemin de Curiers et moyen (E2) ailleurs.

En se basant sur la cuvette formée au niveau du Chemin de Curiers et en tenant compte des connaissances acquises au niveau des cavités accessibles, l'intensité du phénomène est estimée à un niveau modérée.

Cette analyse livre une probabilité d'occurrence forte de présomption de vides au niveau du Chemin de Curiers et moyenne ailleurs.

La prédisposition à la rupture est estimée très sensible pour le site du Chemin de Curiers. Elle est plutôt sensible ailleurs.

La prédisposition à la rupture est estimée très sensible pour le site du Chemin de Curiers. Elle est plutôt sensible ailleurs.

dépression de terrain est présente et où des fontis sont signalés, dont un qui s'est produit en limite communale avec Réveillon en septembre 2018. Elle est également très probable au niveau des secteurs du Chêne-de-la-Lieue, de La Bretonnière et de La Vallée, où les archives départementales rapportent la présence de cavités. Ailleurs, elle est jugée probable.

Le zonage réglementaire est issu du croisement entre la carte des aléas et la carte des enjeux. Il établit une réglementation de l'occupation du sol en fonction du type de phénomène identifié, de son importance (niveau d'aléa) et des catégories d'enjeux présents. Il définit deux types de zones réglementaires :

III.5.1. Traduction des aléas en zonage réglementaire

Le zonage réglementaire, établi sur fond cadastral, définit des zones constructibles, inconstructibles et constructibles mais soumises à prescriptions. Les mesures réglementaires applicables dans ces dernières zones sont détaillées dans le règlement du PPRN.

III.5. Plan de zonage réglementaire

Les autres cavités connues, signalées ou suspectées sur la commune ne concernent, a priori, pas d'enjeux bâtis.

- > Une bande d'aléa faible d'affaiblissement traverse le lotissement du Verger (présence d'une galerie de faible hauteur signalée par des témoignages). Elle concerne six propriétés bâties potentiellement aménagées à l'aplomb de cette galerie.
- > Un aléa faible d'affaiblissement est affiché au niveau de la RD 10 et partiellement sur un terrain situé en bordure de cette route. Il correspond à la petite cavité de la RD 10 qui a été comblée (cavité effondrée mécaniquement puis remblayée par le Conseil Départemental et zone comblée par bourrage sous la route).
- > La partie sud de cette grande cavité est traduite en aléa moyen d'affaiblissement (secteur remblayé depuis l'intérieur. Deux maisons sont concernées par cet affichage, ainsi que le jardin d'une troisième propriété bâtie.
- > La cavité principale de la commune s'étend sous la partie est du village. Le secteur bâti qui fait l'objet de travaux de confortement (complètement des vides par injection de coulis de ciment) est protégé efficacement contre le risque d'effondrement. L'aléa est négligeable à son niveau. A l'inverse, les parties non remblayées de la cavité génèrent un aléa fort à très fort d'effondrement impactant des jardins et des terrains non bâtis.

Les enjeux vulnérables aux mouvements de terrain étudiés par le PPRN se situent uniquement au niveau du village :

III.4.2. Les enjeux vulnérables aux aléas de mouvements de terrain

L'empreinte des aléas est reportée sur la carte des enjeux, en confondant les phénomènes et les niveaux d'aléa (affichage d'un contour unique). Cette représentation permet de souligner les enjeux impactés par les phénomènes de mouvements de terrain étudiés. C'est à leur niveau que le PPRN s'attache à apporter une réponse réglementaire.

Les enjeux sont identifiés sur la totalité du territoire communal, au-delà des zones impactées par les aléas, ce qui permet de visualiser l'environnement proche des secteurs à risque et de se rendre compte de l'organisation générale de la commune.

Les enjeux sont identifiés sur la totalité du territoire communal, au-delà des zones impactées par les aléas, ce qui permet de visualiser l'environnement proche des secteurs à risque et de se rendre compte de l'organisation générale de la commune.

Les enjeux sont identifiés sur la totalité du territoire communal, au-delà des zones impactées par les aléas, ce qui permet de visualiser l'environnement proche des secteurs à risque et de se rendre compte de l'organisation générale de la commune.

ZRemarque : Les termes « inconstructibles » et « constructibles » sont réducteurs au regard du contenu de l'article L562-1 du code de l'environnement. Il paraît néanmoins judicieux de porter l'accent sur l'aspect essentiel de l'urbanisation : la construction. Les autres types d'occupation du sol seront également pris en compte. Ainsi, dans une zone rouge (inconstructible) certains aménagements, exploitations... pourront être autorisés, inversement, dans une zone bleue (constructible sous conditions) certains aménagements, exploitations... pourront être interdits.

- Il est traduit en **zone bleue** en secteur urbanisé (village de Courgeon). Il est alors tenu compte de la présence d'un bâti existant et d'une nécessité de développement du village. une révision du PPRN.
 - Il est traduit en **zone rouge** en secteur non urbanisé. Compte tenu des incertitudes à son sujet (extension spatiale, vide résiduel entre les remblais et la voute des cavités, etc.) et du risque qu'il représente, il convient de s'en écarter en cherchant à déplacer les nouveaux projets hors zone de risque. Toutefois, en cas de projet non déplaçable, des investigations techniques complémentaires sont possibles à son niveau, pour préciser la nature et l'extension de l'aléa (investigations géophysiques et géotechniques). Les conclusions de telles investigations peuvent, le cas échéant, donner lieu à une modification simplifiée ou à une révision du PPRN.
- L'aléa moyen d'affaissement (A2) caractérisé des espaces remblayés d'extension relativement méconnue (secteurs non visitables et absence de plans).

III.5.1.2. Traduction réglementaire de l'aléa d'affaissement

L'aléa négligeable d'effondrement (E0) est traduit en **zone bleue**. Ce type d'aléa caractérise les secteurs comblés par injection de coulis de ciment avec clavage. Les vides sont donc supprimés à leur niveau. Il permet la réalisation de nouveaux projets urbains, car le niveau de risque est ramené à un niveau très faible, voire quasiment nul.

L'aléa moyen d'effondrement (E2) est traduit en **zone rouge**. Cette catégorie d'aléa est identifiée uniquement en secteur non urbanisé. Elle caractérise d'anciennes carrières condamnées ainsi que des secteurs ayant pu faire l'objet d'extractions souterraines, mais pour lesquels il subsiste de grandes imprécisions de localisation. En l'état, il convient de s'en écarter en cherchant à déplacer les projets nouveaux hors zone de risque. Toutefois, en cas de projet non déplaçable, des investigations techniques complémentaires sont possibles à leur niveau, pour préciser la nature et l'extension de l'aléa (investigations géophysiques et géotechniques). Les conclusions de telles investigations peuvent, le cas échéant, donner lieu à une modification simplifiée ou à une révision du PPRN.

L'aléa très fort et l'aléa fort d'effondrement (E4 et E3) sont systématiquement traduits en **zone rouge**, quel que soit le secteur dans lequel on se situe (secteur urbanisé et secteur non urbanisé). La nature du phénomène et le risque qu'il induit sont incompatibles avec une poursuite de l'urbanisation.

III.5.1.1. Traduction réglementaire de l'aléa d'effondrement

- une **zone constructible** sous conditions de conception, de réalisation, d'utilisation et d'entretien de façon à ne pas aggraver l'aléa, appelé zone « bleue » (B) qui regroupe certaines zones d'aléa moyen et plus généralement des zones d'aléas faible à très faible (voir paragraphes suivants). Les conditions énoncées dans le règlement du PPRN sont applicables à l'échelle de la parcelle.
- une **zone inconstructible**, appelée zone « rouge » (R) qui regroupe respectivement les zones d'aléas très fort et fort et certaines zones d'aléa moyen (voir paragraphes suivants). Dans ces zones, certains aménagements tels que les ouvrages de protection ou les infrastructures publiques qui n'aggravent pas l'aléa, peuvent cependant être autorisées (voir règlement) ;

a) les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune de ces zones en vertu du 1° et du 2° du II de l'article L 562-1 ;
 b) les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde mentionnées au 3° du II de l'article L 562-1 et les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existant à la date de l'approbation du plan, mentionnées au 4° de ce même II. Le règlement

3° Un règlement précisant en tant que de besoin :

- 1° Une note de présentation indiquant le secteur géographique concerné, la nature des phénomènes naturels pris en compte et leurs conséquences possibles, compte tenu de l'état des connaissances ;
- 2° Un ou plusieurs documents graphiques délimitant les zones mentionnées aux 1° et 2° du II de l'article L.562-1 ;
- 3° Un règlement précisant en tant que de besoin :

Article R 562-3 du code l'environnement

La nature des mesures réglementaires applicables est, rappelons-le, définie dans les articles R562-3, R562-4 et R562-5 du code de l'environnement.

III.5.2.1. Bases légales

III.5.2. Nature des mesures réglementaires

Dans les zones blanches (zones d'alea négligeable), les projets doivent être réalisés dans le respect des règles de l'art et des autres réglementations éventuellement en vigueur.

Traduction réglementaire de l'alea

Aleas	Très fort et	Moyen	Faible	Négligeable
Enjeux	Avec ou sans urbanisation	Non urbanisé	Non urbanisé	Avec ou sans urbanisation
Effondrement	REa	REb	-	BEo
affaissement	-	RA	BaA	BAB

A chaque zone rouge ou bleue correspondent des règles spécifiques qui sont définies dans le règlement du PPRN.

Le tableau suivant résume les zones réglementaires rouges ou bleues rencontrées.

III.5.1.3. Synthèse des zones réglementaires

L'alea faible d'affaissement (A1) est systématiquement traduit en zone bleue, quel que soit le secteur dans lequel on se situe (secteur urbanisé et secteur non urbanisé). Il caractérise des cavités effondrées mécaniquement et remblayées, ainsi que des cavités de faible hauteur où les mouvements de terrain devraient être très probablement amortis par le foisonnement des matériaux. Les constructions nouvelles sont possibles avec des recommandations géotechniques (mesures non obligatoires). Une réponse individuelle peut ainsi être apportée à chaque projet.

Les constructions nouvelles sont donc possibles, mais elles sont soumises à des prescriptions géotechniques et à une maîtrise des rejets d'eaux pluviales et usées, pour se protéger de l'alea.

Ces mesures sont, pour l'essentiel, des dispositions constructives applicables aux constructions futures dont la mise en œuvre relève de la seule responsabilité des maîtres d'ouvrages. Selon l'alinéa « e » de l'article R.431-16 du code de l'urbanisme, des études complémentaires préalables leur sont donc proposées ou imposées afin d'adapter au mieux les dispositifs préconisés au site et au projet. En outre, une attestation devra également être établie par l'architecte du projet ou par un expert afin de certifier la réalisation de cette étude et constater que le projet prend en compte ces

III.5.2. Mesures individuelles

I. - En application du 4° du II de l'article L 562-1, pour les constructions, les ouvrages ou les espaces mis en culture ou plantés, existant à sa date d'approbation, le plan peut définir des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.

Toutefois, le plan ne peut pas interdire les travaux d'entretien et de gestion courants des bâtiments implantés antérieurement à l'approbation du plan ou, le cas échéant, à la publication de l'arrêté mentionné à l'article R562-6, notamment les aménagements internes, les traitements de façade et la réflexion des toitures, sauf s'ils augmentent les risques ou en créent de nouveaux, ou conduisent à une augmentation de la population exposée.

II. - Les mesures prévues au I peuvent être rendues obligatoires dans un délai de cinq ans pouvant être réduit en cas d'urgence.

III. - En outre, les travaux de prévention imposés à des biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme avant l'approbation du plan et mis à la charge des propriétaires, exploitants ou utilisateurs ne peuvent porter que sur des aménagements limités dont le coût est inférieur à 10 % de la valeur vénale ou estimée du bien à la date d'approbation du plan.

Article R562-5 du code de l'environnement

I. - En application du 3° du II de l'article L 562-1, le plan peut notamment :

1° Définir des règles relatives aux réseaux et infrastructures publics desservant son secteur d'application et visant à faciliter les éventuelles mesures d'évacuation ou l'intervention des secours ;

2° Prescrire aux particuliers ou à leurs groupements la réalisation de travaux contribuant à la prévention des risques et leur confier la gestion de dispositifs de prévention des risques ou d'intervention en cas de survenance des phénomènes considérés ;

3° Subordonner la réalisation de constructions ou d'aménagements nouveaux à la constitution d'associations syndicales chargées de certains travaux nécessaires à la prévention des risques, notamment l'entretien des espaces et, le cas échéant, la réalisation ou l'acquisition, la gestion et le maintien en condition d'ouvrages ou de matériels.

II. - Le plan indique si la réalisation de ces mesures est rendue obligatoire et, si elle l'est, dans quel délai.

Article R562-4 du code de l'environnement

mentionne, le cas échéant, celles de ces mesures dont la mise en œuvre est obligatoire et le délai fixé pour celle-ci.

Lorsque des ouvrages importants sont indispensables ou lorsque les mesures individuelles sont inadéquates ou trop onéreuses, des dispositifs de protection collectifs peuvent être préconisés. De nature très variée (confortement de massif, etc.), leur réalisation et leur entretien peuvent être à la charge des communes, ou de groupements de propriétaires, d'usagers ou d'exploitants, etc.

III.5.2.3. Mesures d'ensemble

dispositions constructives au stade de la conception. Certaines de ces mesures peuvent être applicables aux bâtiments ou ouvrages existants (renforcement, drainage par exemple).

1. Etudes géologiques sur le département de l'Orne - Monsieur Blavier ingénieur en chef des mines - édition de 1840)
2. Répertoire des carrières de pierre de taille exploitées en 1889 - ministère des travaux publics - édition de 1890.
3. L'exploitation des carrières de l'Orne de 1870 à 1939 - Maud Guichard - annales de Normandie, 56^e année, n°4, 2006, pp 503-520.
4. Carrière souterraine de craie « impasse des Carrières » - Cete - avril 2012.
5. Mesure géophysiques sur les routes départementales de Courgeon - Cete - 7 décembre 2012.
6. Mesures géophysiques dans la commune de Courgeon - Cete - 16 décembre 2013.
7. Plan marnière Orne - commune de Courgeon - Cerema - janvier 2014.
8. Courgeon - Diagnostic de la carrière souterraine - Cerema - avril 2015.
9. Porter à connaissance « risques d'effondrements de cavités » - Préfecture de l'Orne - 11 mai 2015.
10. Rapports intermédiaires des phases 1 à 5 de l'élaboration du PPRN de Courgeon - Alp'Géorisques - 2016 - 2019
11. Rédaction du cahier des charges des travaux de remblaiement et de confortement de la carrière du bourg à Courgeon, pour le compte du Conseil Départemental de l'Orne, et réalisation du dossier de consultation des entreprises - Alp'Géorisques - Juin 2016
12. Recherche de cavités souterraines par méthodes géophysiques sur la commune de Courgeon - Gexplore - 13/11/2017.
13. Campagne de sondages des anomalies répertoriées lors de la recherche de cavités souterraines - Rapport géotechnique mission G5 - Hydrogéotechnique Nord et Ouest - 7/09/2018.
14. Carte géologique feuille 252 de Mortagne-au-Perche - BRGM - 1998.
15. Géoportail.
16. Orthophotoplan.
17. Cadastre communal.
18. Banque de données du BRGM (BD cavités) (<http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/cavites-souterraines/carte#/com/61129>)

Bibliographie

ALP'GEORISQUES - Z.I. - 52, rue du Moirond - Bâtiment Magbel - 38420 DOMENE - FRANCE
Tél. : 04-76-77-92-00 Fax : 04-76-77-55-90
Santé au capital de 18 300 €
Siret : 380 934 216 00025 - Code A.P.E. 7112B
N° TVA Intracommunautaire : FR 70 380 934 216
Email : contact@alpgeoristiques.com
Site Internet : <http://www.alpgeoristiques.com/>

