



**PRÉFET  
DE LA VIENNE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

# **PLAN DE PRÉVENTION DES RISQUES NATURELS MOUVEMENTS DE TERRAIN DE LA COMMUNE DE LOUDUN**

**Note de présentation**

Dossier approuvé  
par l'arrêté préfectoral n° 2023-DDT-210  
en date du 27 juin 2023



<b>1 PRÉSENTATION DU PPRN</b>	<b>7</b>
1.1. Contexte réglementaire du plan de prévention des risques naturels (PPRN)	7
1.1.1. Objet du PPRN	7
1.1.2. Prescription du PPRN	8
1.1.3. Contenu réglementaire du PPRN	9
1.1.4. Approbation et révision du PPRN	10
1.1.5. Portée du PPRN	11
1.2. Motivations du PPRN cavités souterraines de Loudun	12
1.2.1. Les risques de mouvements de terrain	12
1.2.2. Origine de l'exposition aux risques de la commune	12
1.3. Moyens d'élaboration du PPRN	12
1.3.1. Travaux préliminaires à l'élaboration du PPRN	12
1.3.2. Périmètre d'étude du PPRN	13
1.3.3. La démarche d'élaboration du PPRN	13
<b>2 CONTEXTE DE LA ZONE D'ÉTUDE</b>	<b>14</b>
2.1. Localisation géographique de Loudun	14
2.2. Situation géomorphologique et géologique	15
2.2.1. Contexte topographique et morphologique	15
2.2.2. Contexte géologique	16
2.3. Présentation des cavités de Loudun	17
2.3.1. Cavités du centre-ville	18
2.3.2. Carrières périphériques	20
2.3.3. Phénomènes historiques survenus	26
<b>3 CARACTÉRISATION DES ALÉAS LIÉS AUX CAVITÉS SOUTERRAINES</b>	<b>31</b>
3.1. Documents existants et investigations complémentaires	32
3.1.1. Projet de PERN « Mouvement de terrain » de mars 1989	32
3.1.2. Projet du PPR « Risques cavitaires » d'août 2001	34
3.1.3. Recueil de données complémentaires (2013 à 2018)	35
3.2. Définition des aléas	36
3.2.1. Aléa de référence	36
3.2.2. Effondrement localisé	37
3.2.3. Effondrement généralisé	40
3.2.4. Affaissement progressif par rupture de piliers	40
3.2.5. Autres aléas	41
3.3. Probabilité d'occurrence des aléas	42
3.3.1. Probabilité d'occurrence de l'aléa effondrement localisé	43
3.3.2. Probabilité d'occurrence de l'affaissement progressif	51

3.4. Intensité des aléas.....	57
3.4.1. Intensité de l'aléa effondrement localisé.....	57
3.4.2. Intensité de l'aléa tassement résiduel.....	66
3.5. Qualification des niveaux d'aléa.....	66
3.5.1. Niveaux d'aléa d'effondrement localisé des carrières périphériques.....	66
3.5.2. Niveaux d'aléa d'effondrement localisé des carrières du centre-ville et de sa périphérie proche.....	69
3.5.3. Niveaux d'aléa de tassement résiduel.....	70
3.6. Représentation cartographique de l'aléa.....	72
3.6.1. Marge d'incertitude.....	72
3.6.2. Marge de reculement.....	73
3.6.3. Marge de sécurité.....	74
<b>4 PRINCIPAUX ENJEUX DE LA COMMUNE ET VULNÉRABILITÉ.....</b>	<b>75</b>
4.1. Évaluation des enjeux.....	75
4.2. Vulnérabilité.....	76
<b>5 VOLET RÉGLEMENTAIRE.....</b>	<b>78</b>
5.1. Traduction des aléas en zonage réglementaire.....	78
5.2. Le règlement du PPRN.....	79

## Préambule

La partie technique de la note de présentation du PPRNMT de Loudun traitant de l'expertise des cavités souterraines, de la nature des phénomènes naturels à attendre et de leur qualification en termes d'aléa est issue de l'étude BRGM référencée BRGM/RP-70852-FR du 16 juin 2021, réalisée en préparation du futur PPRN Mouvements de terrain de Loudun.

La note de présentation du PPRNMT de Loudun intègre ce rapport BRGM. Son contenu technique en est donc issu.

Seules quelques adaptations de mise en page ont été apportées pour l'inclure au dossier de PPRNMT. Ces adaptations ne concernent pas les aspects techniques ni les conclusions de l'étude BRGM qui ont été conservés dans leur sens d'origine.

## 1 Présentation du PPRN

Le Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles de Mouvements de Terrain (PPRNMT) de la commune de Loudun est établi en application des articles L562-1 à L562-9 (partie législative) et R562-1 à R562-11-9 (partie réglementaire) du code de l'environnement.

### 1.1. Contexte réglementaire du plan de prévention des risques naturels (PPRN)

La prévention des risques majeurs regroupe l'ensemble des dispositions à mettre en œuvre afin de réduire l'impact d'un phénomène naturel ou anthropique prévisible sur les personnes et les biens, ainsi que réduire ses conséquences économiques, sociales et environnementales.

Les objectifs nationaux dans le cadre de la prévention des risques naturels sont d'une part l'augmentation de la sécurité des personnes, d'autre part la réduction du coût des dommages, et enfin la diminution du délai de retour à la normale après la survenance d'un risque.

L'outil essentiel de l'État pour mettre en œuvre ces objectifs est le Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles (PPRN), servitude d'utilité publique. Il vise à maîtriser l'urbanisation dans les secteurs soumis à des risques majeurs, et à prendre en compte les risques naturels dans les décisions d'aménagement et de développement.

Le PPRN est ainsi un outil réglementaire visant à limiter, dans une perspective de développement durable, les conséquences humaines, économiques et environnementales des catastrophes naturelles. Il est élaboré sous l'autorité du Préfet en association avec les collectivités locales et en concertation avec le public.

#### 1.1.1. Objet du PPRN

Les objectifs des PPRN sont définis par le Code de l'Environnement et notamment par ses articles L 562-1 et L 562-8 :

##### **Article L562-1**

*I - 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.*

*II - Ces plans ont pour objet en tant que de besoin :*

*1° De délimiter les zones exposées aux risques, dites « zones de danger », 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 pourraient y être autorisés, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités ;*

2° De délimiter les zones, dites « zones de précaution », 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 au 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.

### **1.1.2. Prescription du PPRN**

Les articles R562-1 et R562-2 du code de l'environnement définissent les modalités de prescription des PPR.

#### **Article R562-1**

*L'établissement des Plans de Prévention des Risques Naturels prévisibles mentionnés aux articles L 562-1 à L 562-7 du code de l'Environnement 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 R562-2**

*L'arrêté prescrivant 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'État qui sera chargé d'instruire le 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'État compétente en matière d'environnement est annexée à l'arrêté.*

*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 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.*

*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'État dans le département. Mention de cet affichage est insérée dans un journal diffusé dans le département.*

*Le plan de prévention des risques naturels prévisibles est approuvé dans les trois ans qui suivent l'intervention de l'arrêté prescrivant son élaboration. Ce délai est prorogeable 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.*

### **1.1.3. Contenu réglementaire du PPRN**

Les articles R562-3 et R562-4 du code de l'environnement définissent le contenu des Plans de Prévention des Risques Naturels prévisibles.

#### **Article R562-3**

*Le 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 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 :*

*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 L562-1 et 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, 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.*

Conformément à ce texte, le Plan de Prévention des Risques Naturels de Mouvements de Terrain de la commune de Loudun comporte la présente **note de présentation**, un **règlement**, une **carte informative** des phénomènes naturels connus, une **carte des aléas**, une **carte des enjeux** et un **zonage réglementaire**.

#### **Article R562-4**

*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.*

### **1.1.4. Approbation et révision du PPRN**

À l'issue de la consultation des collectivités et des acteurs associés, le projet de PPRN est soumis par le Préfet à une enquête publique. Les documents, éventuellement modifiés pour tenir compte des avis recueillis lors de l'enquête publique, sont ensuite approuvés par arrêté préfectoral.

Les articles R562-7, R562-8, R562-9 et R562-10 du Code de l'environnement définissent les modalités d'approbation et de révision des Plans de Prévention des Risques Naturels prévisibles.

#### **Article R562-7**

*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 des 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 régional 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 R562-8**

*Le projet de plan est soumis par le préfet à une enquête publique dans les formes prévues par les articles R123-6 à R123-23, sous réserve des dispositions des deux alinéas qui suivent.*

*Les avis recueillis en application des trois premiers alinéas de l'article R562-7 sont consignés ou annexés aux registres d'enquête dans les conditions prévues par l'article R123-17.*

*Les maires des communes sur le territoire desquelles le plan doit s'appliquer sont entendus par le commissaire enquêteur ou par la commission d'enquête une fois consignés ou annexés aux registres d'enquête l'avis des conseils municipaux.*

#### **Article R562-9**

*À l'issue des consultations prévues aux articles R562-7 et R562-8, le plan, éventuellement modifié, est approuvé par arrêté préfectoral. Cet arrêté fait l'objet d'une mention au Recueil des actes administratifs de l'État dans le département ainsi que dans un journal diffusé dans le département.*

*Une 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.*

*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 R562-10**

*I. - Un Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles peut être modifié selon la procédure décrite aux articles R562-1 à R562-9.*

*Toutefois, lorsque la modification n'est que partielle, les consultations et l'enquête publique mentionnées aux articles R562-7 et R562-8 ne sont effectuées que dans les communes sur le territoire desquelles les modifications proposées seront applicables.*

*Dans le cas énoncé à l'alinéa précédent, les documents soumis à consultation ou enquête publique comprennent :*

*1° Une note synthétique présentant l'objet des modifications envisagées ;*

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

*II. - L'approbation du nouveau plan emporte abrogation des dispositions correspondantes de l'ancien plan.*

### **1.1.5. Portée du PPRN**

Le PPRN constitue une Servitude d'Utilité Publique. À ce titre, il doit être annexé au Plan Local d'Urbanisme (PLU) des communes concernées, conformément à l'article L562-4 du code de l'environnement.

#### **Article L562-4**

*Le Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles approuvé vaut **servitude d'utilité publique**. Il est annexé au Plan Local d'Urbanisme, conformément à l'article L. 151-43 du Code de l'Urbanisme.*

*Le Plan de Prévention des Risques Naturels 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.*

Le PPRN est opposable à tout mode d'occupation ou d'utilisation du sol. Il traduit l'exposition aux risques des communes sur la base des connaissances techniques acquises au jour de son élaboration. En présence d'un PLU(i), ce sont les dispositions les plus restrictives du PLU(i) et du PPRN qui s'appliquent. A ce titre, le PPRN peut donc prévaloir sur PLU(i) si son zonage réglementaire est plus contraignant.

Le PPRN peut prescrire des mesures aux constructions, ouvrages, biens et activités existant antérieurement à son approbation.

Le fait de construire ou d'aménager un terrain dans une zone interdite par le PPRN, ou de ne pas respecter les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation prescrites par ce plan, est puni des peines prévues à l'article L562-5 du code de l'environnement et à l'article L480-4 du Code de l'Urbanisme. En cas de non-respect des prescriptions définies par le PPRN, les modalités d'assurance des biens et des personnes sont susceptibles d'être modifiées (article L125-6 du code des assurances).

Le PPRN peut faire l'objet d'une révision, si elle est motivée par la modification de l'état des connaissances, par une modification de la vulnérabilité ou une réduction de l'aléa. Le PPRN révisé sera applicable qu'à l'issue de sa nouvelle approbation. Le PPRN en phase de révision connu à s'appliquer durant sa révision.

## **1.2. Motivations du PPRN cavités souterraines de Loudun**

### **1.2.1. Les risques de mouvements de terrain**

Les mouvements de terrain sont des phénomènes d'origines très diverses. Ils regroupent un ensemble de déplacements, plus ou moins brutaux, du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique. La prévention des risques et la protection des populations nécessitent, au moins pour les sites les plus menaçants, des études et des reconnaissances délicates et coûteuses.

Les méthodes et les stratégies de prévention sont à adapter en fonction des types de mouvements de terrain. Dans le cas présent, nous avons affaire à des phénomènes d'affaissements et d'effondrements liés à la présence de cavités souterraines d'origine naturelle ou anthropique.

### **1.2.2. Origine de l'exposition aux risques de la commune**

Le sous-sol de la commune de Loudun est constitué d'une craie glauconieuse tendre, d'âge Turonien. Connue sous le terme de « tuffeau », cette craie a été intensivement exploitée en carrières souterraines en périphérie de la ville, pour la fourniture de pierre de construction. Après leur fermeture, ces carrières ont souvent été réutilisées en champignonnières. Puis ces activités de reconversion ont à leur tour cessé.

Parallèlement, le centre-ville de la commune et sa périphérie proche ont également été creusés pour l'aménagement de caves. La localisation, l'extension et, de surcroît, l'état de ces cavités du centre-ville ne sont pas connus précisément par les services de l'État ni par les services techniques de la commune.

## **1.3. Moyens d'élaboration du PPRN**

### **1.3.1. Travaux préliminaires à l'élaboration du PPRN**

Un PER<sup>1</sup> « cavités » a été prescrit sur la commune de Loudun en 1988. Deux projets de dossiers ont ensuite été réalisés en 1989 puis en 2001. Ils n'ont pas été validés et, de ce fait, n'ont pas abouti. La raison principale de leur avortement était un manque de connaissance sur les cavités.

Tenant compte des deux échecs précédents, des études prospectives de terrain ont été préalablement réalisées par le BRGM, afin de disposer d'éléments techniques suffisants pour élaborer un nouveau projet de PPRN sur la commune de Loudun. Ces travaux destinés à acquérir une bonne connaissance de la réalité du terrain ont consisté, dans un premier temps, à réaliser

<sup>1</sup> PER : Plan d'Exposition aux Risques ; procédure d'affichage des risques en place avant les PPRN. Les PPRN ont remplacé les PER à partir de 1995 suite à la loi Barnier.

entre 2013 et 2015 un inventaire aussi précis que possible des cavités présentes sur l'ensemble du territoire communal (Évaluation technique du bien-fondé de la prescription du PPR Cavités sur la commune de Loudun (86) – Inventaire des cavités souterraines dans la commune de Loudun – BRGM/RP-64832-FR – juin 2015).

A l'issue de l'inventaire de juin 2015, une seconde étude de cartographie, d'expertise des cavités et de qualification de l'aléa mouvements de terrain a été réalisée par le BRGM (PPRN Cavités souterraines – commune de Loudun – caractérisation de l'aléa et projet de rapport de présentation – BRGM/RP-70852-FR – 16 juin 2021) (étude intégrée au présent rapport de présentation).

On précisera qu'au cours de cette seconde étude de juin 2021, les vastes carrières (plusieurs hectares) présentes en périphérie de Loudun ont été cartographiées par le BRGM à l'aide d'un scanner laser 3D portatif (Zeb-Revo) afin de déterminer leur périmètre, mais que leur intérieur n'a pas été levé entièrement. On connaît donc leur superficie (environ 38 hectares) mais l'information sur les piliers de ces cavités est incomplète.

### **1.3.2. Périmètre d'étude du PPRN**

La prévention des risques majeurs regroupe l'ensemble des dispositions à mettre en œuvre afin de réduire l'impact d'un phénomène naturel ou anthropique prévisible sur les personnes et les biens, ainsi que de réduire les conséquences économiques, sociales et environnementales.

Le présent PPRN est prescrit sur l'ensemble du territoire communal de Loudun. Son enjeu prioritaire est de réduire le risque de phénomènes dangereux sur les personnes et les biens existants et de limiter l'apparition de nouveaux risques par l'implantation de nouveaux enjeux en zone d'aléas.

L'aléa de mouvements de terrain a été étudié sur l'ensemble du territoire communal. Etant donné le grand nombre de cavités présentes sur la commune et leur emprise importante, ainsi que le signalement de cavités aujourd'hui inaccessibles, il existe une incertitude quant à la présence possible d'autres zones de vides souterrains, notamment dans des secteurs où aucune cavité n'a été pour l'instant répertoriée.

De ce fait, par principe de précaution, le PPRN est amené à réglementer l'ensemble du territoire communal, y compris sur les secteurs où aucune cavité souterraine n'est pour l'instant connue (mesures réglementaires légères pour ces secteurs).

### **1.3.3. La démarche d'élaboration du PPRN**

Le risque est constitué du croisement d'un aléa et d'un enjeu.

L'aléa se définit comme un événement potentiellement dangereux, caractérisé par son intensité et sa probabilité d'occurrence. Il peut être d'origine naturelle ou anthropique. Dans le cas présent, l'aléa concerné est celui des mouvements de terrain (effondrements et affaissements) consécutifs à la présence de cavités souterraines (anciennes carrières et caves).

Les enjeux se définissent comme l'ensemble des éléments qui doivent être protégés de l'aléa. Ils regroupent notamment la population, les biens, les activités économiques, les réseaux, ainsi que le patrimoine environnemental et historique. Les enjeux peuvent se caractériser par leur vulnérabilité rapportée aux dommages que peut causer l'aléa.

Ainsi, un aléa constitue un risque au sens du PPRN, s'il concerne une zone où des enjeux sont présents, comme le schématise l'illustration suivante.



*Illustration 1: définition du risque naturel - source : Direction Générale de la Prévention des Risques*

La procédure d'élaboration du PPRN suit cette logique de définition du risque en s'attachant à respecter ces trois étapes essentielles du dossier :

- caractérisation des aléas sur le secteur d'étude (totalité du territoire communal), et production d'une cartographie des aléas selon quatre niveaux (faible, moyen, fort et très fort) en tenant compte de l'intensité et de la probabilité d'occurrence des phénomènes ;
- évaluation des enjeux humains, économiques et environnementaux sur le territoire communal ;
- élaboration du zonage réglementaire correspondant et de son règlement associé.

## 2 Contexte de la zone d'étude

### 2.1. Localisation géographique de Loudun

Loudun se situe dans le nord du département de la Vienne (86), en région Nouvelle-Aquitaine. Elle appartient à la Communauté de Communes du pays Loudunais qui compte un total de 45 communes. Elle est la plus importante d'entre elles en termes d'étendue urbaine et de nombre d'habitants.

Cette commune de 6 747 habitants [source : INSEE 2017] s'insère aux confins des départements de la Vienne, des Deux-Sèvres, de l'Indre-et-Loire et du Maine-et-Loire (cf. Illustration 1). Sa superficie est de 43,8 km<sup>2</sup>. À l'origine beaucoup moins étendue, elle a fusionné avec les communes de Véniers (au nord) en 1964 et Rossay (au sud-est) en 1972, ce qui a quasiment triplé sa superficie. Elle est située à 58 kilomètres au nord de Poitiers et à 25 kilomètres à l'est de Thouars en Deux-Sèvres. Implantée au carrefour de trois grands axes de circulation, elle est un point de passage obligé pour relier Poitiers à Saumur (RD 347 / RD 147) et Thouars à Chinon (RD 759).

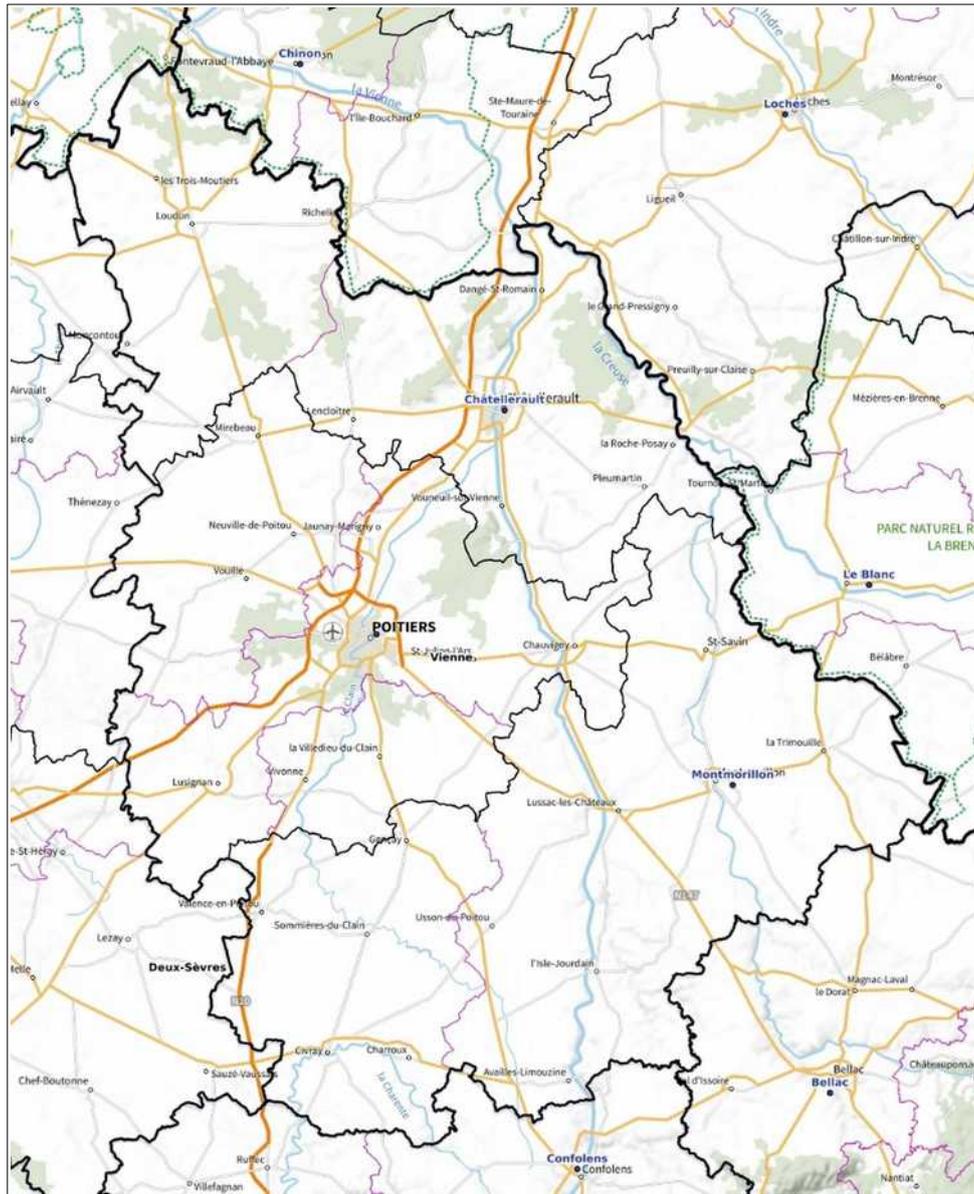


Illustration 2: localisation géographique de Loudun (d'après Géoportail).

## 2.2. Situation géomorphologique et géologique

### 2.2.1. Contexte topographique et morphologique

D'un point de vue topographique, la commune de Loudun s'inscrit dans un paysage très faiblement vallonné avec des altitudes comprises entre environ 50 mètres et 120 mètres. Le point le plus bas se situe à 48 mètres d'altitude au Moulin-Renault, dans la vallée du ruisseau de Martiel (extrémité nord de la commune). On note quelques bosses dans le paysage formant des points culminants à 117 m NGF dans le secteur des Grandes Caves (2 km à l'est du centre-ville), à 97 m NGF au niveau de l'aérodrome (3 km au nord-est du centre-ville), à 112 m NGF vers le hameau de la Québrie (3 km au nord-ouest du centre-ville), à 97 m NGF vers le lieu-dit Beau-Soleil (2 km à l'ouest du centre-ville) et à 96 m NGF vers le village de Lassay (2,5 km au sud-ouest du centre-ville).

Une petite colline en forme de promontoire se dresse également au niveau du centre-ville. Elle avoisine 121 mètres d'altitude (pas de point coté à son sommet). Le centre-ville historique de Loudun s'est calé contre son flanc est - nord-est. Il s'est ensuite développé en l'entourant et en la colonisant, tout en préservant une large partie de son sommet et de son flanc sud-ouest pour l'installation d'espaces publics. La vallée du ruisseau de Martiel longe cette colline à l'Ouest.

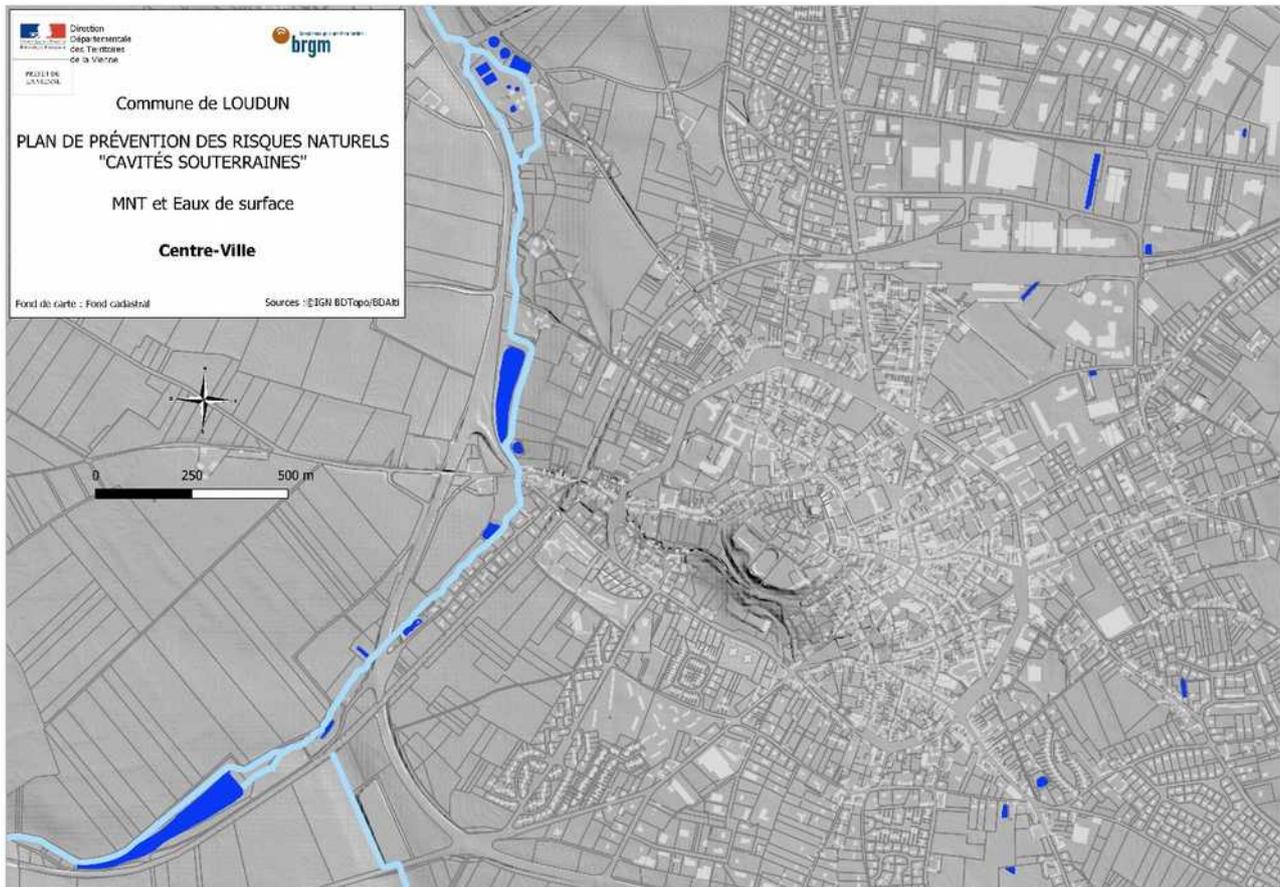


Illustration 3: centre-ville de Loudun sur fond MNT et réseau hydrographique.

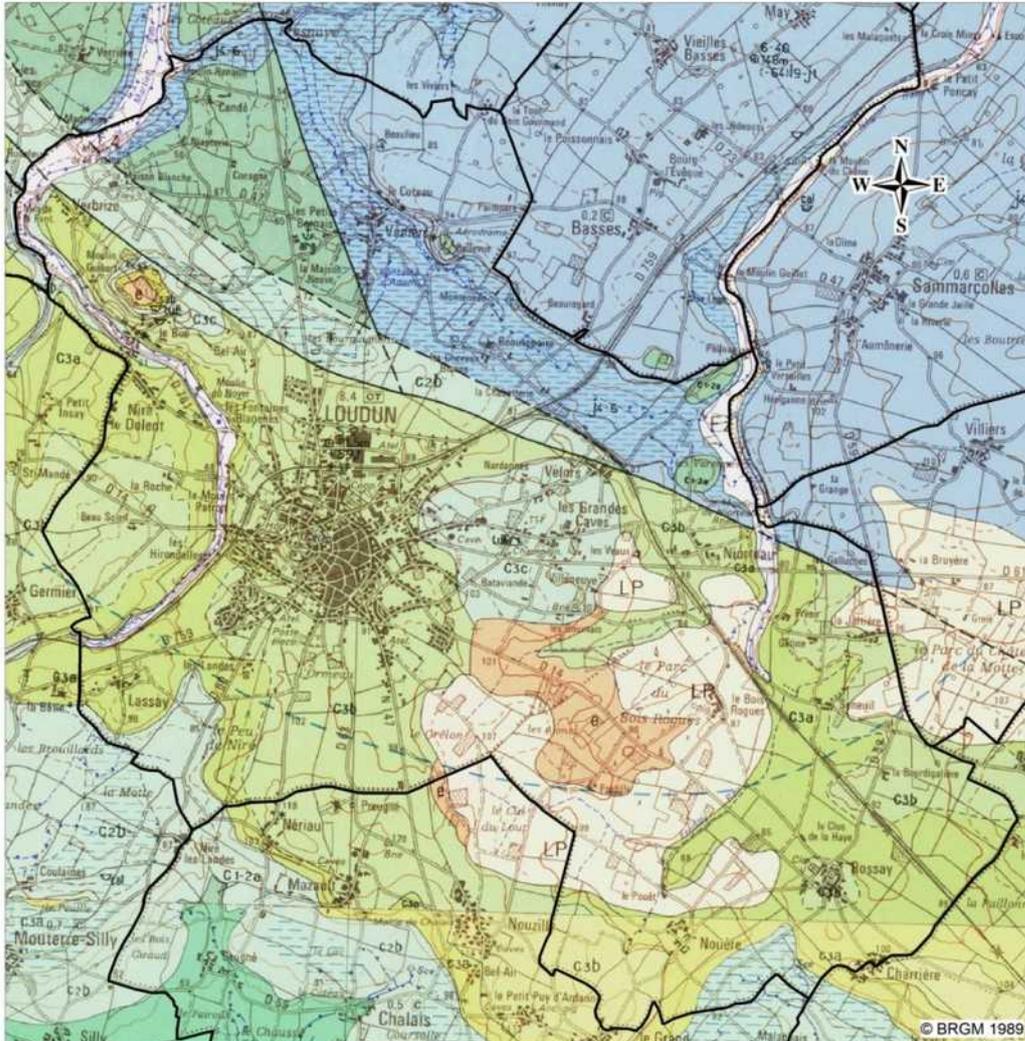
## 2.2.2. Contexte géologique

D'un point de vue géologique, la commune de Loudun se trouve sur la bordure sud-ouest du bassin parisien (vaste bassin sédimentaire).

D'après la carte géologique au 1/50 000 n° 513 de Loudun, le sous-sol de la ville appartient au Turonien inférieur constitué d'un tuffeau blanc micacé. C'est une roche calcaire, tendre, poreuse, blanche ou beige, qui peut être compacte ou friable. Cette formation géologique se présente sous la forme de bancs d'épaisseur décimétrique à métrique séparés par de minces lits de craie friable, ou sous un aspect massif sans stratification discernable. À la base (à l'ouest et au sud-est du territoire communal), ce tuffeau passe à une formation plus marneuse et parfois glauconieuse. L'épaisseur de l'ensemble est estimée à 30 mètres.

À l'est, au niveau du secteur des Grandes-Caves, on trouve le Turonien supérieur qui se caractérise par le tuffeau jaune de Touraine. C'est une roche calcaire tendre légèrement glauconieuse avec de nombreux grains de silex quartzeux.

Le sous-sol au nord-est du territoire de la commune est constitué des calcaires plus ou moins marneux du Jurassique.



**FORMATIONS ALLUVIALES ET SUPERFICIELLES**

Fz – Alluvions récentes : sables et limons

LP – Limons des plateaux

CF – Colluvions de fonds de vallons

**TERTIAIRE – Eocène détritique continental**

e – Argiles sableuses bariolées et grès quartzeux à ciment silico-ferrugineux

**SECONDAIRE – Crétacé**

C3c – Calcaire bioclastiques glauconieux, grès : « tuffeau jaune de Touraine » (Turonien supérieur)

C3b – Craie blanche micacée et parfois glauconieuse : « tuffeau blanc » (Turonien moyen)

C3a – Craie blanche, tendre, à Inocérames (Turonien inférieur)

C2b – Craie glauconieuse, marnes glauconieuses blanches ou vertes à Huîtres (Cénomaniens)

C1-2a – Argiles, Sables quartzeux et glauconieux, grès non différenciés (Cénomaniens inférieurs)

**SECONDAIRE – Jurassique**

J4.6 – Faciès calcaire ou marneux prédominant (Oxfordien)

Illustration 4 : extrait de la carte géologique au 1/50 000 n°513 de Loudun.

### 2.3. Présentation des cavités de Loudun

Le sous-sol de la commune de Loudun est constitué d'une craie glauconieuse tendre, d'âge Turonien. Connue sous le terme de « tuffeau », cette craie a été intensivement exploitée au cours

des siècles passés en périphérie de la ville (secteur des Grandes-Caves à l'est et hameau de la Québrie au nord-ouest), pour la fourniture de pierre de construction.

Sept anciennes grandes exploitations souterraines de pierre sont répertoriées sur le territoire de Loudun. Deux se situent au niveau du hameau de la Québrie et cinq aux Grandes-Caves. Certaines ont ensuite été réutilisées comme champignonnière à la fermeture des exploitations de pierre. Puis la plupart des champignonnières ont à leur tour cessé leur activité. En 2022, seule l'une d'entre elles subsistait. Hormis cette dernière, les carrières sont aujourd'hui abandonnées.

Compte tenu de leur importance, ces anciennes exploitations souterraines étaient connues de longue date avant la décision d'élaborer le présent PPRN, mais sans forcément disposer de leur contour précis.

En dehors de ces grandes carrières souterraines, il subsistait une profonde méconnaissance sur le reste du sous-sol communal. La présence de nombreuses autres cavités souterraines était admise, sans qu'on sache en dresser une liste. Un inventaire des cavités présentes sur le territoire de la commune a donc été réalisé en 2013-2014. Il a conduit à recenser environ 700 cavités, avec un niveau de connaissance variable d'un site à un autre.

### 2.3.1. Cavités du centre-ville

Le centre-ville de Loudun repose sur la craie micacée du Turonien moyen appelée « Tuffeau Blanc ». Les cavités qui l'occupent sont des caves et des souterrains. Les 700 cavités répertoriées en 2014 se situent essentiellement en centre-ville et dans ses alentours plus ou moins proches, dont sa couronne périphérique.

Environ 140 cavités du centre-ville ont fait l'objet d'un levé planimétrique au cours de ce travail d'inventaire. La majorité d'entre elles (80) ont une superficie inférieure à 50 m<sup>2</sup>, trente ont une superficie comprise entre 50 et 100 m<sup>2</sup> et les trente autres ont une superficie supérieure à 100 m<sup>2</sup>.

Ces cavités s'enfoncent généralement sous des bâtiments au moyen d'un escalier taillé dans la pierre. Elles se présentent sous la forme de salles ou de couloirs également creusés dans la roche en place. Elles peuvent être parées de pierre de taille et certaines sont voûtées (Illustration 5 et Illustration 6).



*Illustration 5 : cavités du centre-ville parées de pierres de taille et voûtées.*



*Illustration 6 : cavités du centre-ville dont les parois sont laissées à nu.*

Ces caves peuvent se présenter sur 2, voire 3 niveaux, d'après les informations orales recueillies. Les levés sommaires effectués pour environ 200 d'entre elles indiquent qu'elles s'étendent au-delà des parcelles où se situent leurs entrées, pour s'étirer parfois sous des parcelles voisines et sous la voirie.

On constate que de nombreux accès ont été remblayés, ce qui ne permet plus d'effectuer de visite pour certaines cavités. Quelques-unes sont également partiellement comblées. À l'origine, certaines formaient probablement de petits réseaux souterrains qui ont été par la suite cloisonnés et/ou remblayés au droit de limites de propriété pour s'isoler de ses voisins, ou qui ont été condamnés pour d'autres raisons.



*Illustration 7 : exemple d'accès aux caves du centre-ville.*

Sur les 120 cavités du centre-ville où des informations sur les épaisseurs de recouvrement ont été recueillies, 40 présenteraient un recouvrement inférieur à 1 mètre (estimation) pour des hauteurs

de vides de l'ordre de 2 à 3 mètres. Pour les 80 autres cavités, le recouvrement est compris entre 1 et 5 mètres avec des hauteurs de vide de l'ordre de 2 à 6 mètres.

### 2.3.2. Carrières périphériques

Les grandes carrières en périphérie de la ville de Loudun s'étendent sur plusieurs hectares. Il existait quelques plans partiels de ces exploitations mais aucun ne permettait de disposer d'une vue d'ensemble.

Elles ont donc fait l'objet d'un levé de leur emprise à l'aide d'un scanner laser 3D portatif (Zeb-Revo). Cet outil permet d'obtenir une cartographie précise des carrières, en termes de caractéristiques géométriques (périmètre, hauteur des vides, épaisseur de recouvrement, etc.).

Cependant, les levés se sont limités à la détermination de l'emprise (contours) des carrières. Certaines zones centrales n'ont ainsi pas été visitées. Pour la caractérisation de l'aléa, ces secteurs non visités n'ont pas fait l'objet de distinction ; ils sont considérés par défaut comme étant sous-cavés, sans tenir compte de la présence d'éventuelles zones pleines.

De la même façon, en raison de données topographiques incomplètes liées au relevé partiel des cavités, les taux de défruitement<sup>2</sup> n'ont pas été calculés sur l'ensemble des carrières, mais uniquement dans certains secteurs contenant suffisamment d'informations (piliers cartographiés).

Les tableaux ci-dessous présentent les caractéristiques principales de chacune des carrières levées au Zeb-Revo. Leur cartographie est présentée sur la carte informative du dossier de PPRN.

Carrière 78, dite « Val de Loire »	
Localisation	Accès
Elle se situe à l'est de Loudun. Elle s'étend sous un vaste quartier compris entre la RD 61 au sud et l'avenue du Val-de-Loire au nord-ouest. Elle sous-cave la rue de Rabatté et la rue des Petites-Caves et s'approche au plus près à 30 m de la RD 61.	Son accès principal s'effectue par descente à proximité de la ferme des Roches. D'autres accès sont également possibles au niveau de la rue des Petites-Caves.
Description	Événements
Sa superficie est de 12,3 ha. Extension N-S : # 500 m Extension E-O : # 620 m Son taux de défruitement est estimé de l'ordre de 90% (calculé de 84 à 94%). Hauteur de vide d'environ 2 à 2,50 m. Recouvrement variant de 1,60 à 10,50 m, en moyenne de 5 m. La section des 720 piliers et stots relevés varie de moins d'1 m <sup>2</sup> à 45 m <sup>2</sup> , avec plus de la moitié qui font moins de 2 m <sup>2</sup> de section. La section moyenne est de 3 m <sup>2</sup> . 19 puits ont été recensés dans cette carrière.	Deux zones d'effondrement ayant vraisemblablement atteint la surface ont été relevées au cours des visites de terrain. Elles ne sont pas datées. D'autres anciens effondrements sont possibles, mais non visibles en raison de la présence de murs en parpaings.

Tableau 1 : fiche descriptive de la carrière 78 – Val de Loire

<sup>2</sup> Rapport de la superficie des vides sur la superficie totale exploitée. Indique le pourcentage de vides d'une cavité.



Illustration 8 : quelques illustrations de la carrière du Val-de-Loire – 78

<b>Carrière 95, dite « Ancien-Boulodrome » ou « Caves-Duchêne »</b>	
<b>Localisation</b>	<b>Accès</b>
<p>Elle se situe à l'est de Loudun. Elle s'étend au nord et au sud de la rue des Justices, qu'elle sous-cave, et s'approche au plus près à environ 30 m de la RD 61.</p>	<p>Elle dispose de 2 accès principaux qui tendent à la diviser en 2 carrières, mais il s'agit bien d'une unique exploitation. Un accès s'effectue par une descenderie parallèle à la bordure nord de la rue des Justices. Un second accès principal s'effectue perpendiculairement au sud de la rue des Justices. Il s'agit de l'entrée de l'ancien boulodrome.</p>
<b>Description</b>	<b>Événements</b>
<p>Sa superficie est de 4,6 ha.                      Extension N-S : # 400 m                      Extension E-O : # 230 m.                      Son taux de défrètement est estimé de l'ordre de 83% (calculé de 79 à 84%).                      Hauteur de vide d'environ 2 à 2,50 m.                      Recouvrement variant de 3,30 à 15 m, en moyenne de 8 m.                      La section des 270 piliers et stots relevés varie de moins d'1 m<sup>2</sup> à 57 m<sup>2</sup>, avec 25% qui font moins de 2 m<sup>2</sup> de section. La section moyenne est de 6 m<sup>2</sup>.                      8 puits ont été recensés dans cette carrière.</p>	<p>Un effondrement de 1000 m<sup>2</sup> de superficie s'est produit à proximité de l'entrée des Caves-Duchêne (partie Nord). Il n'est plus visible dans la végétation.                      Il n'a pas été daté précisément.                      D'autres mouvements de terrain se sont produits au niveau de l'entrée de l'ancien boulodrome.</p>

Tableau 2 : fiche descriptive de la carrière 95 – Ancien Boulodrome



Illustration 9 : quelques illustrations de la carrière de l'Ancien-Boulodrome – 95.

<b>Carrière 99, dite « Pirondeau »</b>	
<b>Localisation</b>	<b>Accès</b>
Elle se situe à l'est de Loudun. Elle s'étend au nord de la RD 61 (30 m de distance), en sous-cavant la rue des Justices et la rue des Grandes-Caves, et se poursuit ensuite au-delà de la route de Velors.	Son accès principal s'effectue par une descendrière de 90 m située au nord de la RD 61, à proximité du rond-point de Richelieu. Cette carrière est reliée à la carrière 104 « Augereau ».
<b>Description</b>	<b>Événements</b>
Sa superficie est de 7,7 ha. Extension N-S : # 760 m Extension E-O : # 350 m. Son taux de défrètement est estimé de l'ordre de 78% (calculé de 71 à 80%). Hauteur de vide d'environ 2 à 2,50 m. Recouvrement variant de 3,30 au niveau de l'entrée à 21 m, en moyenne de 15 m. La section des 210 piliers et stots relevés varie de moins de 0,7 m <sup>2</sup> à 180 m <sup>2</sup> , avec 10% qui font moins de 2 m <sup>2</sup> de section. La section moyenne est de 15 m <sup>2</sup> . 5 puits ont été recensés dans cette carrière.	Il n'a pas été relevé d'événement majeur dans cette carrière avec impact en surface.

Tableau 3 : fiche descriptive de la carrière 99 – Pirondeau



Illustration 10 : quelques illustrations de la carrière Pirondeau – 99.

<b>Carrière 104, dite « Augereau » ou « Boiry »</b>	
<b>Localisation</b>	<b>Accès</b>
Elle se situe à l'est de Loudun. Elle s'étend au sud de la rue des Grandes-Caves en la sous-cavant. Elle s'approche jusqu'à une distance de 25 m de la RD 61.	Son accès principal s'effectue par la descenderie située en bordure sud de la rue des Grandes Caves (ancienne champignonnière). D'autres accès, condamnés, sont visibles le long de cette rue.
<b>Description</b>	<b>Événements</b>
<p>Sa caractéristique principale est qu'elle dispose de deux niveaux d'exploitation en partie superposés.</p> <p>Sa superficie totale est de 3,5 ha répartie en 0,5 ha pour le niveau -1 et 3 ha pour le niveau -2. La quasi-totalité du niveau -1 est située au-dessus du niveau -2.</p> <p>Extension N-S : # 190 m Extension E-O : # 300 m.</p> <p>Son taux de défrètement est estimé de l'ordre de 80% (calculé de 77 à 82%).</p> <p>Hauteur de vide d'environ 2,50 m.</p> <p>Pour le niveau -1, le recouvrement varie de 2 à 8 m, en moyenne de 5 m.</p> <p>Pour le niveau -2, le recouvrement varie de 6 à 16 m. Il est de 10 à 13 m dans la partie située sous le niveau -1.</p> <p>La section des 60 piliers et stots relevés au niveau -1 varie de 1 m<sup>2</sup> à 75 m<sup>2</sup>. La section moyenne est de 9 m<sup>2</sup>.</p> <p>La section des 110 piliers et stots relevés au niveau -2 varie de 0,5 m<sup>2</sup> à 57 m<sup>2</sup>. La section moyenne est de 11 m<sup>2</sup>.</p> <p>15 puits ont été recensés dans cette carrière (6 au niveau -1 et 9 au niveau -2).</p>	Il n'a pas été relevé d'événement majeur dans cette carrière avec impact en surface. Elle a néanmoins fait l'objet de confortements ponctuels par les champignonnistes.

Tableau 4 : fiche descriptive de la carrière 104 – Augereau.

À la demande de l'exploitant de la champignonnière, à l'époque des relevés, il n'a pas été réalisé de photos dans la carrière Augereau.

<b>Carrière 105, dite du « Stand de tir »</b>	
<b>Localisation</b>	<b>Accès</b>

<p>Elle se situe à l'est de Loudun. Elle s'étend entre la rue des Grandes-Caves, qu'elle sous-cave légèrement, et la rue des Fauvettes située au nord.</p>	<p>Son accès principal s'effectue par une descenderie située au nord de la rue des Grandes-Caves, à côté du local de la mairie qui accueille le stand de tir.</p>
Description	Événements
<p>Sa caractéristique principale est qu'elle dispose de deux niveaux d'exploitation en partie superposés.                  Sa superficie totale est de 7,8 ha répartie en 2,7 ha pour le niveau -1 et 5,1 ha pour le niveau -2. La quasi-totalité du niveau -1 est située au-dessus du niveau -2. Seul le secteur de l'entrée (2500 m<sup>2</sup>) n'est pas sous-cavé par le niveau -2.                  Extension N-S : # 460 m                  Extension E-O : # 350 m.                  Son taux de défrètement est estimé de l'ordre de 83% (calculé de 78 à 86%).                  Hauteur de vide d'environ 2,50 m.                  Pour le niveau -1, le recouvrement varie de 1,80 à 17 m, en moyenne de 15,5 m.                  Pour le niveau -2, le recouvrement varie de 11,5 à 21 m. Il est de 12 à 18 m dans le secteur situé sous le niveau -1.                  La section des 75 piliers et stots relevés au niveau -1 varie de 0,7 m<sup>2</sup> à 118 m<sup>2</sup>. La section moyenne est de 17 m<sup>2</sup>.                  La section des 45 piliers et stots relevés au niveau -2 varie de 1,2 m<sup>2</sup> à 74 m<sup>2</sup>. La section moyenne est de 18 m<sup>2</sup>.                  23 puits ont été recensés dans cette carrière (3 au niveau -1 et 20 au niveau -2).</p>	<p>Un effondrement a été relevé dans cette carrière, avec impact en surface, à partir de photos aériennes datant de 1966.</p>

Tableau 5 : fiche descriptive de la carrière 105 – Stand de tir.



Illustration 11 : quelques illustrations de la carrière du Stand de tir – 105.

<b>Carrière 1006, dite « Chapelle-Souterraine »</b>	
<b>Localisation</b>	<b>Accès</b>
Elle se situe au nord-ouest de Loudun, au lieu-dit « La Québrie ». Elle s'étend à l'ouest de la rue de la Chapelle-Souterraine en la sous-cavant en partie.	Son accès s'effectue par un escalier, depuis une parcelle privée.
<b>Description</b>	<b>Evénements</b>
<p>Sa superficie est de 1 ha.                      Extension N-S : # 150 m                      Extension E-O : # 150 m.                      Son taux de défrètement est estimé de l'ordre de 79% (calculé de 77 à 81%).                      Hauteur de vide d'environ 2 à 2,50 m.                      Recouvrement variant de 5 m au niveau de l'entrée à 19 m, en moyenne de 13 m.                      La section des 75 piliers et stots relevés varie de 0,5 m<sup>2</sup> à 55 m<sup>2</sup>, avec 25% qui font moins de 2 m<sup>2</sup> de section. La section moyenne est de 9 m<sup>2</sup>.                      3 puits ont été recensés dans cette carrière.</p>	<p>C'est dans cette carrière qu'est survenu l'événement majeur de Loudun, qui a marqué les mémoires : en janvier 1981, un effondrement est survenu et a totalement détruit une habitation.</p> <p>Cette carrière a également la particularité d'abriter une ancienne chapelle souterraine peinte sur ses parois. Elle a fait l'objet d'études historiques.</p>

Tableau 6 : fiche descriptive de la carrière 1006 – Chapelle-Souterraine.



Illustration 12 : quelques illustrations de la carrière de la Chapelle-Souterraine – 1006.

<b>Carrière 2196, dite « Québrie-Sud »</b>	
<b>Localisation</b>	<b>Accès</b>
Elle se situe au nord-ouest de Loudun, au lieu-dit « La Québrie ». Elle s'étend à l'ouest de la rue de la Chapelle-Souterraine en s'en tenant éloignée d'au moins 25 m.	Son accès s'effectue depuis une parcelle privée accueillant quelques anciennes habitations troglodytiques.
<b>Description</b>	<b>Événements</b>
Sa superficie est de 2 400 m <sup>2</sup> . Extension N-S : # 65 m Extension E-O : # 80 m. Son taux de défrèvement est estimé de l'ordre de 85% (calculé de 84 à 88%). Hauteur de vide d'environ 2 à 2,50 m. Recouvrement variant de 1,5 m au niveau de l'entrée à 14 m, en moyenne de 10 m. La section des 35 piliers et stots relevés varie de 0,5 m <sup>2</sup> à 19 m <sup>2</sup> , avec 50% qui font moins de 2 m <sup>2</sup> de section. La section moyenne est de 4 m <sup>2</sup> . Aucun puits n'a été recensé dans cette carrière.	Il n'a pas été relevé d'événement majeur dans cette carrière avec impact en surface. Elle présente néanmoins de nombreuses instabilités et est dans un état de dégradation avancée.

Tableau 7 : fiche descriptive de la carrière 2196 – Québrie-Sud.



Illustration 13 : quelques illustrations de la carrière Québrie-Sud – 2196.

### 2.3.3. Phénomènes historiques survenus

Les visites des carrières souterraines, leur historique et les événements d'effondrement qui s'y sont produits ont permis d'acquérir un ensemble de données nous renseignant sur les phénomènes naturels observés et sur ceux potentiellement possibles (facteurs d'apparition des aléas, événements survenus ou en cours d'apparition). Les visites ont également permis de recenser les ouvrages, les aménagements et autres modifications réalisés au sein des carrières (murs, remblais, puits, etc.). Cette connaissance, dont celle des effondrements historiques, présente un fort intérêt pour évaluer l'évolution de la stabilité des carrières.

Plusieurs mouvements de terrain, d'ampleur variable, sont survenus sur le territoire de Loudun. Ils ont été répertoriés à partir de témoignages recueillis auprès de la population et de divers acteurs locaux et au cours des visites de terrain réalisées lors des études préliminaires au PPRN. Ils sont listés dans le Tableau 8 ci-après et sont localisés le plus précisément possible sur la carte informative à l'aide d'une numérotation.

Type événement	Localisation sur la carte informative	Description	Date	Source d'information
Fontis avec départs dans 5 directions non explorées	1	Rue des Gigots, derrière ancienne Poste	1934	Journal Nouvelle République des 20-21 mars 1976
Effondrement	2	Rue des Grandes-Caves (carrière 105). Zone effondrée de 430 m <sup>2</sup> environ. (Recouvrement compris entre 13 et 15 m dans ce secteur ; hVide=2 m)	< 1965	Photo aérienne de 1965
Fontis au passage d'un camion	3	Place de la Poulaille.	1976	Journal Nouvelle République des 20-21 mars 1976
Fontis lors d'un terrassement	4	Goudronnage parking clinique	1977	
Effondrement	5	Lieu-dit La Québrie, Carrière de la Chapelle-Souterraine (n°1006). Zone effondrée de 500 m <sup>2</sup> environ. Une habitation a été totalement détruite par l'événement. (Recouvrement compris entre 11 et 15 m dans ce secteur ; hVide = 2 m)	07/01/1981	Journal Nouvelle République du 08 janvier 1981
Effondrement	6	Rue des Justices, Cave-Duchêne (n°95). Zone effondrée de 1200 m <sup>2</sup> environ. (Recouvrement compris entre 9 et 11 m dans ce secteur ; hVide de 2 m)	Non daté	Mairie, vu en carrière mais plus de trace en surface, ni sur photo aérienne
Effondrement	7	Carrière Val de Loire (n°78). Zone effondrée de 300m <sup>2</sup> . (Recouvrement de 4 m et hVide de 2 m dans ce secteur)	Non daté	Vu en carrière
Effondrement	8	Carrière Val de Loire (n°78). Zone de 1400 m <sup>2</sup> . (Recouvrement de 4 m et hVide de 2 m dans ce secteur)	Non daté	Vu en carrière
Fontis	9	10 rue des Cours. Fontis de 1,30 m de diamètre.	Non daté	Observé en 2018
Fontis à l'entrée d'une habitation	10	Rue de la Croix-Bruneau.	Non daté	Non précisé
Fontis lors des travaux	11	Parc des Capucins (toilettes publiques).	Non daté	Non précisé
Fontis lors des travaux	12	Agrandissement du Centre des Impôts.	Non daté	Non précisé
Fontis lors des travaux	<b>non localisé</b>	Caserne des Pompiers. (Information incertaine non localisée)	Non daté	Non précisé
Fontis	13	<i>Cavité 104 - fontis ouvert</i>	Non daté	<i>visite</i>
Effondrement	14	<i>Cavité 1009 - étude de sol effectuée à l'occasion de ce sinistre. Cave creusée (carrière) en bon état (calcaire massif).</i>	Non daté	<i>visite</i>

		<i>Remblais et déchets au sol. Passage remblayé à mi-hauteur de l'escalier.</i>		
<i>Effondrement</i>	<b>15</b>	<i>Cavité 1010 - effondrement : trou béant environ 6m diamètre. Deux départs souterrains voûtés mis à jour vers la parcelle voisine (AL386) et en face (AL388).</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Fontis</i>	<b>16</b>	<i>Cavité 1012 - cave en mauvais état. Fontis ouvert et fontis en formation. Recouvrement argileux &lt;1m. Présence de piliers et voûtes mais formation de fontis entre voûtes. Passage muré et partie remblayée (Longueur&gt;20m) vers le 33 rue Martray. Puits d'eau comblé.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Affaissement</i>	<b>17</b>	<i>Cavité 1019 - affaissements sur la parcelle AN26.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Fontis</i>	<b>18</b>	<i>Cavité 1056 - fontis ouvert au fond de la cave, partie de la cave en cours de remblaiement.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Tassement</i>	<b>19</b>	<i>Trou de 5 mètres de profondeur ouvert il y a 10 ans, a été rebouché et s'est ré-ouvert en 2013.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Effondrement</i>	<b>20</b>	<i>Suite à des intempéries, une cave s'est ouverte. Le propriétaire a contacté les pompiers et la mairie qui ont pris une photo de la cave ouverte.</i>	Non daté	<i>questionnaire</i>
<i>Effondrement</i>	<b>21</b>	<i>Cavité 1040 - maison ancienne léproserie, avec des cavités et souterrains datant de 1600. Photos de cavité ouverte à la dernière inondation.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Effondrement</i>	<b>22</b>	<i>L'ouverture de la cavité s'est faite suite aux intempéries du mois de juin 2013.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Tassement</i>	<b>23</b>	<i>Cavité 1083 – tassement de remblais.</i>	Non daté	<i>questionnaire</i>
<i>Tassement</i>	<b>24</b>	<i>Cavité 1176 - trace de tassement après le comblement d'un effondrement survenu à la suite de fortes pluies au cours de l'année 2008.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Fontis</i>	<b>25</b>	<i>Cavité 1181 - fontis au jour</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Affaissement</i>	<b>26</b>	<i>Cavité 1213 - affaissement visible dans la rue. Le secteur communiquerait avec les cavités 1214 et 1215</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Effondrement</i>	<b>27</b>	<i>Cavité 1214 - cave remblayée après ouverture dans les années 90.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Affaissement</i>	<b>28</b>	<i>Cavité 1215 - prolongement de l'emprise des caves n°01213 et 1214 sous la rue. Traces suspectes d'affaissement.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Fontis</i>	<b>29</b>	<i>Cavité 2 - trou ouvert dans une cour intérieure. Déformation visible sur un mur de la rue du Jeu de Paume en face du n°2.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Affaissement</i>	<b>30</b>	<i>Cavité 5 - affaissement. La cavité s'étend sous la maison du 7 rue de la Société.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Affaissement</i>	<b>31</b>	<i>Cavité 7 - le sol s'affaisse régulièrement. Pas d'accès connu.</i>	Non daté	<i>visite</i>

<i>Fontis</i>	<b>32</b>	<i>Cavité 13 - connue suite à une réparation sur une conduite d'eau. Accessible au 18 rue de la Tour Volue</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Affaissement</i>	<b>33</b>	<i>Cavité 2065 - accessible depuis l'intérieur d'une propriété. Poutre en béton armé dans la cave sous le trottoir. Le trottoir est déformé.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Fontis</i>	<b>34</b>	<i>Cavité 9 - un trou s'est ouvert dans la cour d'une maison bourgeoise. Trois remorques de remblai y ont été déversées..</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Tassement</i>	<b>35</b>	<i>Cavité 27 - accès possible. Passe sous la rue. L'enrobé est régulièrement refait.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Effondrement</i>	<b>36</b>	<i>Un trou de 7 mètres de profondeur s'est ouvert sous la rue. Pas d'accès. Pas remblayé en totalité.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Effondrement</i>	<b>37</b>	<i>Trou béant (environ 6 m de diamètre) dans une parcelle en construction du nouveau lotissement du Faubourg St-Lazare. Inaccessible.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Effondrement</i>	<b>38</b>	<i>Cavité 108 - trou ouvert le 04/07/2013 à côté de la trappe d'accès au compteur d'eau.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Effondrement</i>	<b>39</b>	<i>Cavité 2008 - il y a déjà eu plusieurs effondrements sur la parcelle AN95. Le dernier en date fait suite aux pluies du printemps 2013</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Effondrement</i>	<b>40</b>	<i>Cavité 2009 - il y a déjà eu plusieurs effondrements sur la parcelle AN95. Le dernier en date s'est produit au début des années 2000 : profondeur 10 mètres. Remblayé depuis par le propriétaire.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Affaissement</i>	<b>41</b>	<i>Ouvertures répétées sous la Place Jacques Boisse.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Affaissement</i>	<b>42</b>	<i>Cavité probable car affaissement de la chaussée.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Affaissement</i>	<b>43</b>	<i>Cavité 2042 - affaissement dans le jardin rebouché il y a une dizaine d'années.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Affaissement</i>	<b>44</b>	<i>Affaissement dans le jardin.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Affaissement</i>	<b>45</b>	<i>Affaissement récent. Mur fissuré et faille béante (3 m de long par 10 cm de large) à la surface du sol.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Affaissement</i>	<b>46</b>	<i>Cavité 2085 - présence d'une cave et affaissement sous la cour.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Affaissement</i>	<b>47</b>	<i>Cavité 2100 - Cave comblée par l'ancien propriétaire. Le trottoir bouge malgré ce comblement.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Fontis</i>	<b>48</b>	<i>Cavité 2101 - trou devant les garages.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Affaissement</i>	<b>49</b>	<i>Cavité 2105 - sous n°16 (ancienne propriété Hérault) : galerie immense, en termes de hauteur et de largeur, contournant la partie Est du chœur de</i>	Non daté	<i>visite</i>

		<i>l'église. En 1993, voûte accidentellement endommagée au ras de l'escalier mural, donnant sur un vide immense.</i>		
<i>Affaissement</i>	<b>50</b>	<i>Cavité 2106 - trottoir déformé devant le n°13 ; présence de cave supposée.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Effondrement</i>	<b>51</b>	<i>Cavité 2134 – un trou de 10 mètres de profondeur s'est ouvert dans la cour. A été totalement remblayé.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Fontis</i>	<b>52</b>	<i>Cavité 2227 - accès par escalier dans le garage. Deux parties murées dont une comblée, continueraient chez le voisin. Calcaire fracturé avec quelques petites chutes de toit. Un trou s'est ouvert dans le garage sous un tracteur en stationnement. A été comblé depuis.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Effondrement</i>	<b>53</b>	<i>Cavité 2275 - effondrement il y a 10 ans.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Fontis</i>	<b>54</b>	<i>Cavité 2288 - trou ouvert lors de travaux de voirie. Remblayé rapidement par la société RTL. Étude de sol réalisée par le vendeur des terrains (commune Loudun) après effondrement chez Mr Penot (cave 1010).</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Fontis</i>	<b>55</b>	<i>Cavité 2289 - trou ouvert lors des travaux de voirie. Remblayé rapidement par la ville de Loudun. Étude de sol réalisée par le vendeur des terrains (commune Loudun) après effondrement chez M. Penot (cave 1010).</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Affaissement</i>	<b>56</b>	<i>Cavité 1224 - pas d'accès, suspicion de présence de cave, Flash et écaille sur le sol du garage à 5 m de la rue.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Effondrement</i>	<b>57</b>	<i>Cavité 1246 - effondrement de la terrasse sur 2,8 m de profondeur le 21 juin 2013. Trou rebouché par remplissage de béton par étapes (finition dalle de béton et carrelage).</i>	21/06/2013	<i>visite</i>
<i>Effondrement</i>	<b>58</b>	<i>Cavité 1249 - effondrement dans la cour de la maison.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Effondrement</i>	<b>59</b>	<i>Cavité 1256 - accès condamné, Bâtiment construit sur des pieux, vide apparu pendant les travaux de construction.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Effondrement</i>	<b>60</b>	<i>Cavité 1273 - effondrement apparu lors de la construction de la piscine, cavité rebouchée.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Fontis</i>	<b>61</b>	<i>Cavité 1291 - suite aux pluies de juin 2013, trou ouvert dans le jardin en bordure d'un mur, en limite avec le n° 20 de la rue</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Effondrement</i>	<b>62</b>	<i>Cavité 1319 - effondrement sur la rue (25 ans). Trou rebouché.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Affaissement</i>	<b>63</b>	<i>Cavité 1020 – affaissement.</i>	Non daté	<i>visite</i>
<i>Affaissement</i>	<b>64</b>	<i>Cavité 1021 – affaissement.</i>	Non daté	<i>visite</i>

Fontis	65	Cavité 2149 - fontis ouvert sur un terrain en construction. Il a été remblayé.	Non daté	visite
Fontis	66	Cavité 2276 - fontis ouvert au niveau d'une très grande carrière souterraine. Souhait de faire barrer ruelle de la Glacière qui passe au-dessus.	Non daté	visite
Effondrement	67	Cavité 2192 effondrée.	Non daté	visite
Affaissement	68	Cavité 1176 - signes de tassement en surface.	Non daté	visite
Effondrement	69	Cavité 1 -cave sous une maison. Écoulement des eaux pluviales dans la cave, ce qui a entraîné le sol sous la maison. Trou béant visible dans la cour. Des sondages ont été réalisés.	Non daté	visite
Cave	70	Cavité supposée sous la chaussée ; mur du n°8bis très fissuré et chaussée déformée.	Non daté	visite
Cave	71	Trottoir très déformé en 2013 devant le n°15 de la rue du Puits-Gilles. Cf : "Les Caves de Lugdunum", p.9, Hilaire-Bouzon.	Non daté	visite
Effondrement	72	Cuvette en surface occupée par une mare pouvant correspondre à un ancien effondrement, qui n'est cependant pas observé en souterrain.	Non daté	visite
Effondrement	73	Supposition de zone comblée à l'arrière de murs en parpaings qui isolent la zone visible en souterrain.	Non daté	visite

Tableau 8 – Liste des principaux événements survenus à Loudun

Ajoutons à cette longue liste de phénomènes historiques que la commune n'a pas fait l'objet d'arrêté de catastrophe naturel relatif aux phénomènes traités par le PPRN.

### 3 Caractérisation des aléas liés aux cavités souterraines

D'après le guide PPR Cavités, **un aléa** correspond la probabilité qu'un phénomène se produise sur un site donné, au cours d'une **période de référence** et en atteignant une **intensité** ou une gravité qualifiable ou quantifiable. Il s'agit donc du croisement de l'intensité prévisible du phénomène avec sa **probabilité d'occurrence**. Le guide PPR Cavités apporte également les définitions suivantes :

- **La période de référence** est généralement le long terme, soit l'échéance centennale (intégrer la dégradation inéluctable dans le temps des caractéristiques du massif).
- **L'Intensité du phénomène** correspond à l'ampleur des désordres, impacts ou nuisances susceptibles de résulter du phénomène redouté. Cela intègre à la fois une hiérarchisation des conséquences des événements mais aussi leur potentiel de gravité sur les personnes les biens et l'usage du sol susceptible d'occuper le site.

- La **Probabilité d'occurrence** correspond à la prédisposition d'un site à être affecté par l'un des phénomènes analysés (plus difficile à appréhender que l'intensité).

Pour les cavités souterraines, on privilégiera une classification qualitative caractérisant une prédisposition au phénomène redouté. Son évaluation dépend de la combinaison d'un certain nombre de facteurs favorables ou défavorables à l'initiation et au développement des mécanismes d'instabilité pressentis.

### **3.1. Documents existants et investigations complémentaires**

La problématique des cavités à Loudun a déjà fait l'objet de deux projets de plan de prévention des risques en 1989 et en 2001. Puis, un inventaire des cavités souterraines a été réalisé en 2014.

Un résumé du contenu des 2 projets de documents réglementaires est présenté ici, pour rappel. Il permet de constater les progrès importants du présent dossier de PPRN sur la connaissance des cavités de la commune.

#### **3.1.1. Projet de PERN « Mouvement de terrain » de mars 1989**

La zone d'étude couvrait le territoire de la commune de Loudun sur 4 kilomètres d'Est en Ouest et sur 1,5 kilomètres du nord au sud. A l'ouest, elle intégrait la ville de Loudun, où le bâti est plus dense et à l'est elle s'étendait jusqu'à la ligne SNCF qui recoupe la route départementale RD61 au lieu-dit « Niorteau ».

L'arrêté préfectoral de prescription du PER date du 30 mars 1988.

Le contenu du rapport de présentation du PERN de 1989 apporte des éléments sur le contexte de la commune qui sont toujours d'actualité.

Une description de la géologie et des cavités rencontrées est faite pour définir les aléas « cavités souterraines » présents. Est ainsi indiqué :

- à l'ouest, en ville, on trouve des cavités sur un, deux voire trois niveaux de souterrains et de galeries creusées dans des assises crayeuses relativement tendres. Leur extension ne se limite pas uniquement sous les habitations mais également sous les rues ;
- à l'ouest, en périphérie de la ville, les caves sont de faible extension essentiellement au-dessous des habitations, sur un niveau seulement, sans galerie ;
- à l'est, au lieu-dit « Les Grandes-Caves » on trouve d'anciennes carrières souterraines exploitées pour les matériaux de construction (tuffeau) qui ont soit été transformées en champignonnières, soit sont laissées à l'abandon. Il s'agit de carrières de type chambres et piliers, avec des piliers de faibles section et de grandes portées entre appuis, des taux de défrètement estimés de l'ordre de 80 à 90 % et exploitées parfois sur deux niveaux. Environ 80 ha seraient sous-cavés, mais il n'a pas été retrouvé de plans de l'ensemble des exploitations.

En ce qui concerne les mouvements de terrain, il est indiqué que des phénomènes de faible extension peuvent survenir à l'ouest du territoire, en impactant des constructions. À l'est ce sont des chutes de dalles de toit ou des écrasements de piliers dans les cavités qui peuvent se produire.

D'un point de vue historique, il n'a pas été recensé d'événements ; seules des cavités ont été localisées. Il n'existe pas d'inventaire de cavités pour le secteur ouest (ville). Pour le secteur est, des emprises sommaires ont été tracées à l'aide de témoignages sur les carrières.

L'évaluation de l'aléa s'est effectuée selon les critères suivants :

- présence ou absence de cavités,
- géométrie de celles-ci,
- contexte géologique, hydrogéologique et climatologique,
- présence de désordres,
- présence de confortement.

En résumé, la grille d'évaluation de l'aléa du PER de 1989 se présentait comme suit :

	<b><i>Aléa fort / très fort</i></b>	<b><i>Aléa moyen</i></b>	<b><i>Aléa faible</i></b>
<b>Secteur est</b>	<i>Carrières abandonnées et champignonnières avec extraction anarchique et des hauteurs de recouvrement faibles.</i>	<i>Carrières et champignonnières avec des hauteurs de recouvrement de 16 mètres.</i>	<i>Hors zone de carrière mais présence possible de caves de petites dimensions.</i>
<b>Secteur ouest</b>	<i>Densité de cavité importante. Disposition aléatoire des caves.</i>	<i>Caves sous les constructions. Densité faible.</i>	-

Les niveaux de vulnérabilité identifiés sont :

- **Vulnérabilité forte** : Le centre-ville (intérieur des boulevards) et les caves du secteur des Grandes-Caves (caves Duchesne, Beaufils, Pirondeau, Landre, Boiry et le terrain de pétanque) ;
- **Vulnérabilité moyenne** : faubourgs de la ville, lotissements de la périphérie et zones d'habitats diffus ;
- **Vulnérabilité faible à nulle** : tous les autres secteurs.

Le zonage du PER proposé est le suivant :

- **Zone blanche** : aucun risque prévisible ;
- **Zone bleue** : l'intensité et la probabilité d'occurrence des phénomènes sont plus faibles que dans la zone rouge. Des mesures de prévention économiquement supportables, qui permettent de réduire, voire de supprimer, les conséquences dommageables de l'occurrence du risque, peuvent être mises en œuvre :
  - **Zone B1** : le centre-ville où la vulnérabilité et les aléas sont forts ainsi que les HLM en périphérie avec des aléas moyens et une vulnérabilité forte ;
  - **Zone B2** : centre-ville où l'aléa est moyen et la vulnérabilité moyenne à faible ;
  - **Zone B3** : les Grandes-Caves où l'aléa est moyen à fort et la vulnérabilité est forte (champignonnière en activité) ;
  - **Zone B4** : zones en aléa fort ou moyen et où la vulnérabilité est moyenne à faible ;
- **Zone rouge** : il n'existe pas de mesure de prévention efficace ou économiquement acceptable, eu égard aux dommages possibles, pour se prémunir contre le risque. Seul le

secteur des Grandes-Caves est concerné. Pour les caves de plus faibles dimensions, des mesures de protection peu coûteuses peuvent être appliquées.

Le règlement détermine les types d'occupation du sol qui sont interdits dans les zones rouge et bleue et pour la zone bleue les mesures de prévention susceptibles de réduire les conséquences de la survenance du risque ou de les rendre supportables.

### 3.1.2. *Projet du PPR « Risques cavitaires » d'août 2001*

Suite à l'abandon du projet de PER de 1989, des discussions ont été engagées entre l'État et la collectivité sur ce document. Les constats suivants ont été faits :

- sur l'approche technique : « peut-on se contenter de zones d'aléas hypothétiques ? »
- sur le zonage et ses contraintes réglementaires : « trop de contraintes, surtout sur le centre de la commune ».

En résumé, il est apparu « trop de flous sur la connaissance des phénomènes et sur leur prise en compte, trop de questions restées en suspens et trop de désaccords ».

Un nouveau projet<sup>3</sup> a donc été proposé en 2001. Il s'est attaché à recueillir davantage d'éléments sur la localisation et la description des cavités, ainsi qu'un certain nombre d'événements historiques qui n'avaient pas été recensés en 1989. Un recueil de données regroupant des sondages géotechniques réalisés pour des permis de construire a également été dressé.

Ce projet de PPR de 2001 établit la grille d'évaluation des aléas suivante :

<b>Aléa Fort</b> <b>F3</b>	<i>Zone des anciennes carrières où des effondrements sont inévitables à court terme. Secteur avec des effondrements existants ; zones exposées à des effondrements brutaux ; anciennes galeries abandonnées avec circulation d'eau, sans entretien.</i>
<b>Aléa Moyen</b> <b>F2</b>	<i>Zone où la densité de cavités est très forte (quel que soit le type de cavités). Zones de galeries en l'absence d'indices de mouvement en surface ; zones susceptibles de subir des effondrements ; affaissements locaux ; extension possible mais non reconnue.</i>
<b>Aléa Faible</b> <b>F1</b>	<i>Zone où les cavités présentes sont de faible extension et le phénomène de retrait-gonflement est dominant. Galeries reconnues sans évolution prévisible (entretien correct) ; zones à argiles gonflantes.</i>
<b>Aléa négligeable</b> <b>F0</b>	<i>Aucun indice sur la présence de cavités, ni de phénomène de mouvements de terrain détecté.</i>

Les secteurs répertoriés avec présence de cavités ne sont pas les mêmes que ceux du projet de PER de 1989. Ils sont plus étendus. Ainsi, en 2001, les cavités du centre-ville et celles du secteur des Grandes-Caves à l'est du centre-ville ont été complétées par des cavités présentes aux lieux-dits « Niré-le-Dolent et « La Québrie » (partie nord-ouest du territoire communal). Le secteur du « Velors » à l'est du centre-ville a également été ajouté, notamment en raison des phénomènes de retrait-gonflement des argiles qui s'y manifestent.

<sup>3</sup> Galia M. - Rapport de stage – Plan de Prévention des Risques (PPR) de Loudun - Risques Cavitaires – Rapport août 2001

### 3.1.3. Recueil de données complémentaires (2013 à 2018)

**En 2013-2014**, un inventaire des cavités souterraines présentes sur le territoire de Loudun a été effectué (rapport BRGM/RP-64832-FR).

La méthodologie mise en œuvre pour cet inventaire a consisté à prendre en compte les documents déjà élaborés sur la connaissance des cavités de Loudun et surtout à les compléter, en particulier pour le centre-ville. La population a été consultée (distribution d'un questionnaire dédié) et les rues ont été parcourues en pratiquant du porte-à-porte. Les entrées des cavités du centre-ville étant pour la plupart en domaine privé, l'implication de la population pour la réalisation de ce travail était indispensable. Ce travail de collecte de données sur le terrain s'est effectué en ciblant particulièrement les rues où des cavités étaient signalées.

Les cavités identifiées ont fait l'objet d'une description, en fonction de leur accessibilité et de ce qui était observable. Certaines ont été décrites sur la base d'informations orales ou de ce qui était visible depuis la rue. D'autres ont pu faire l'objet d'un levé sommaire à la boussole et au distance-mètre laser.

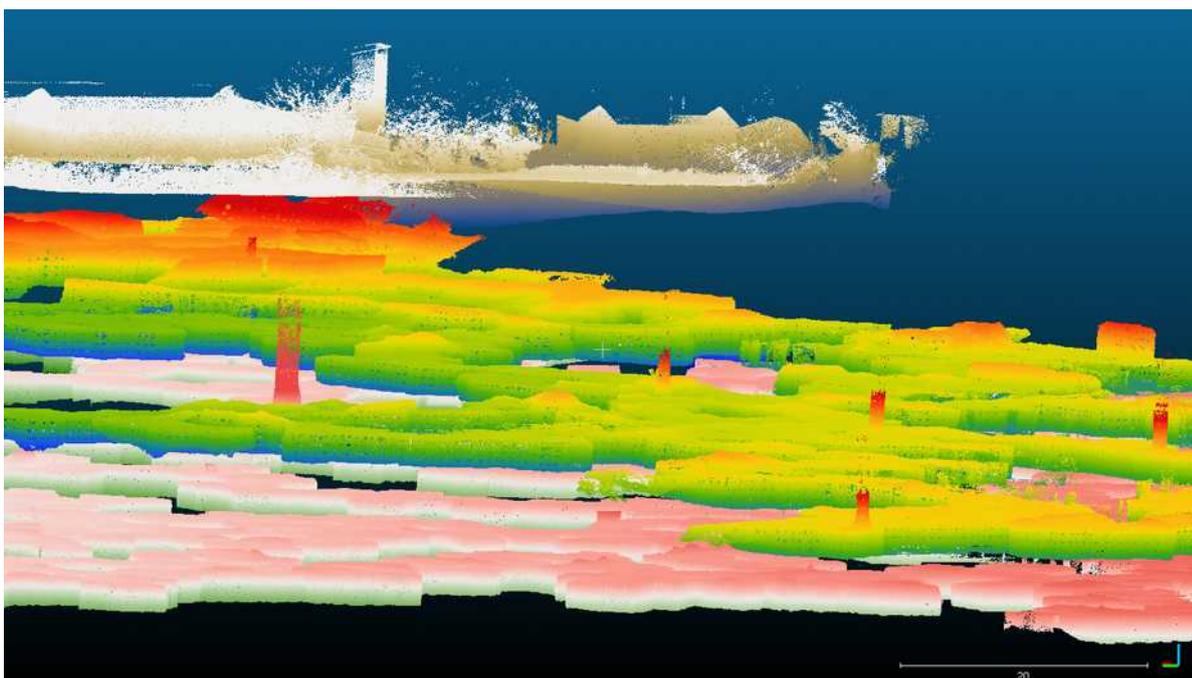
Environ 700 cavités ont été répertoriées au cours de ce travail. Leur niveau de connaissance est cependant très variable : localisation parfois imprécise, cavité en partie remblayée, présence de doublon possible, etc. Cet inventaire correspond à un état de la connaissance à un instant donné. Son contenu étant lié aux réponses obtenues lors des travaux d'enquête (questionnaire et porte-à-porte) et aux informations disponibles par ailleurs, il ne peut être considéré comme exhaustif.

Lors de l'inventaire de 2013 - 2014, les carrières présentes en périphérie de l'agglomération de Loudun n'ont pas été cartographiées, car les outils de topographie disponibles à l'époque n'étaient pas adaptés à la dimension de ces cavités.

**En 2017-2018**, les carrières périphériques de l'agglomération ont fait l'objet d'un levé de leur emprise à l'aide d'un scanner laser 3D portatif haute précision (Zeb-Revo). Cet outil permet d'obtenir une cartographie précise des carrières, en termes de caractéristiques géométriques (hauteur des vides, épaisseur de recouvrement, etc.) et de positionnement géographique. L'illustration 14 présente un exemple de rendu possible avec cet outil.

Les levés se sont limités à l'emprise des carrières (contours). Certaines parties centrales éloignées des bordures des cavités n'ont pas été visitées ni cartographiées précisément.

Environ 37 hectares de carrières souterraines ont ainsi été cartographiés au Zeb-revo.



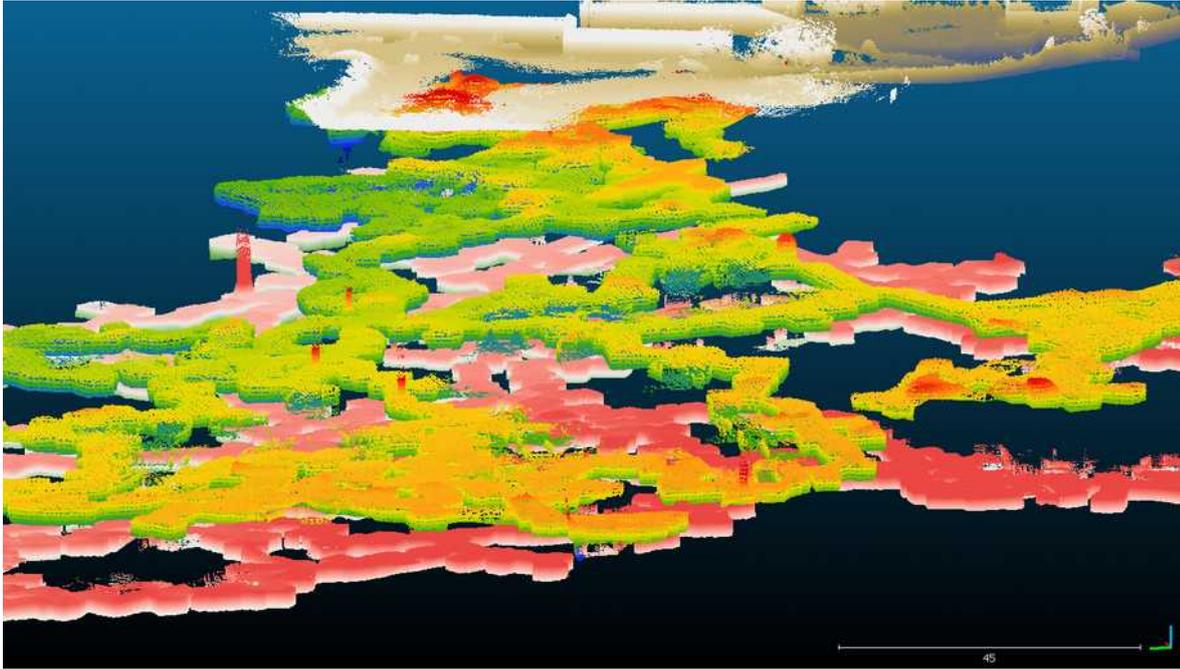


Illustration 14 : rendu en 3D d'un levé au Zeb-revo (exemple de la carrière n°105).

## 3.2. Définition des aléas

Accès

### 3.2.1. Aléa de référence

Remontée  
de voûte

La première étape pour caractériser l'aléa consiste à identifier la nature des désordres ayant déjà affecté des cavités souterraines. Les mouvements de terrain qui se sont déjà produits nous renseignent sur ce qui pourrait se reproduire sur des sites présentant des caractéristiques similaires.

Plusieurs types de phénomènes de mouvements de terrain liés à la présence de cavités souterraines peuvent se manifester :

- **des effondrements localisés et brutaux, qui peuvent résulter de plusieurs phénomènes :**
  - la remontée de fontis par rupture du toit de carrière ;
  - la rupture de pilier isolé ;
  - la rupture de tête de puits ou le débouillage d'un puits ;
- **des effondrements généralisés** (par exemple rupture simultanée de plusieurs piliers d'un même secteur) ;
- **des affaissements généralisés progressifs**, notamment par rupture de pilier ;
- **des aléas résiduels :**
  - le tassement résiduel d'anciens effondrements ;
  - l'éboulement des entrées en cavage.

La survenance d'un mouvement de terrain est liée aux caractéristiques géométriques, géologiques, mécaniques, etc. des sites. Certaines cavités peuvent présenter des caractéristiques favorables à plusieurs types de mouvements de terrain et d'autres qu'à un seul type. Par exemple, une cavité présentant des piliers de section généreuse avec de faibles portées entre appuis sera

peu (ou non) exposée aux effondrements généralisés. Elle sera plutôt concernée par des effondrements localisés. Chaque cavité n'est ainsi pas systématiquement exposée à tous les types de mouvements de terrain énumérés ci-dessus.

### 3.2.2. Effondrement localisé

Le phénomène d'effondrement localisé, couramment dénommé fontis, se manifeste classiquement par l'apparition soudaine d'un cratère d'effondrement.

Ce type de phénomène peut avoir pour origine plusieurs mécanismes de rupture qui peuvent se développer seuls ou de manière concomitante et qui génèrent en surface des trous dont l'extension varie de moins d'un mètre de diamètre à quelques dizaines de mètres au maximum.

C'est un phénomène dangereux pour la vie humaine, qui peut affecter les constructions, voire générer une situation de péril, en affaiblissant l'appui des fondations sur le sol. Si le cratère d'effondrement est d'ampleur suffisante, un bâtiment peut être soumis à une mise en pente de manière soudaine et subir de graves dommages.

Ce phénomène peut apparaître suite à une remontée de cloche de fontis depuis le plafond d'une cavité, ou bien lorsqu'une tête de puits débouche et/ou s'effondre.

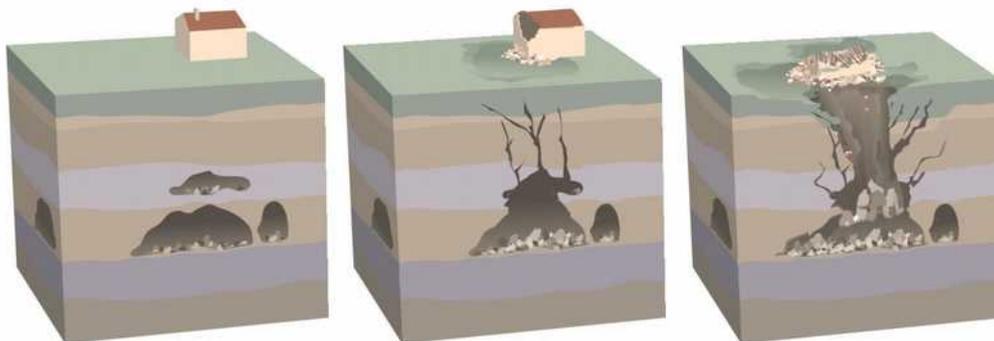


Illustration 15 : schéma d'une remontée de cloche de fontis aboutissant à un fontis en surface.

#### 3.2.2.1. Remontée de fontis par rupture du toit de carrière

L'instabilité peut résulter de la remontée en surface d'un éboulement initié au « toit » d'une cavité (zone fragile mécaniquement). Si cette amorce de rupture du toit de la cavité ne se stabilise pas, le phénomène peut se propager progressivement vers le haut par éboulements successifs (formation d'une cloche de fontis progressant vers la surface).

Si la zone de vide où s'est formé la cloche de fontis est suffisamment spacieuse, pour que les matériaux éboulés s'y accumulent sans bloquer le phénomène par auto-comblement, la remontée de voûte peut déboucher en surface. Il se forme alors un cratère dont les parois peuvent être sub-verticales ou, au contraire, inclinées, en fonction de la nature des terrains situés au-dessus de la cavité. A l'inverse, en cas de volume de vide insuffisant, une cloche de fontis peut s'auto-combler et se stabiliser du fait du foisonnement des matériaux et donc ne pas déboucher en surface.

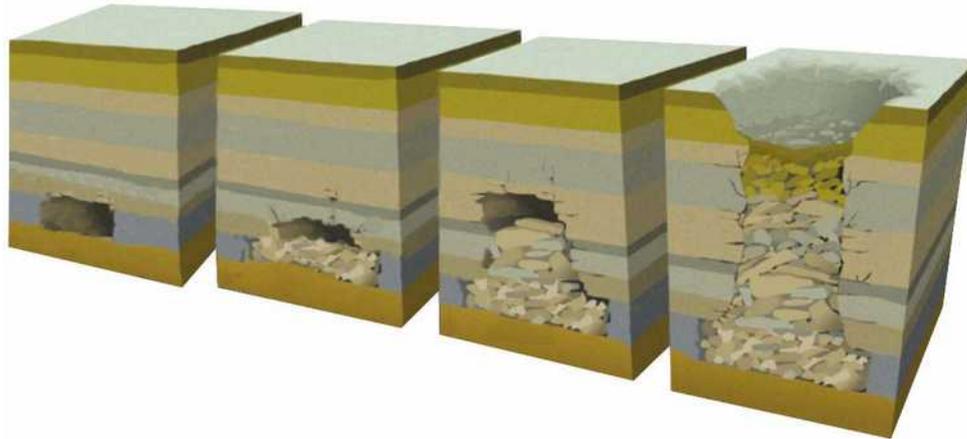


Illustration 16 : schéma d'une remontée de cloche de fontis avec foisonnement et aboutissant à un tassement en surface.

En fonction de la nature géologique du recouvrement et de la géométrie des cavités, la manifestation en surface peut se restreindre à un cratère de petite taille (deux ou trois mètres de diamètre au maximum) ou générer des désordres importants (diamètre dépassant une vingtaine de mètres si les terrains de couverture sont peu cohérents et/ou contiennent une nappe perchée et/ou si la cavité présente de fortes portées entre appuis, etc.).

Alors que la remontée d'une voûte au travers des terrains de couverture est un processus généralement lent, l'apparition du cratère en surface est brutale et peut présenter des conséquences graves pour les personnes et les biens situés dans son emprise. En effet, la rupture finale de la voûte se produit dans la plupart des cas soudainement et sans signe avant-coureur.

Les mécanismes pouvant déclencher ce phénomène sont la flexion et/ou le cisaillement du toit de cavité lorsque les portées sont excessives, la chute successive de blocs du toit au niveau d'une zone de préfiguration fragile.

S'il est illusoire et même dangereux de définir une valeur unique et universelle d'épaisseur de recouvrement au-delà de laquelle les fontis ne se propagent plus jusqu'en surface (cette valeur dépend étroitement du contexte géologique et des dimensions des travaux souterrains). Les retours d'expérience menés sur plusieurs bassins de risques ont montré qu'en deçà d'une cinquantaine de mètres de profondeur, l'apparition de fontis ne pouvait être catégoriquement exclue, sans analyse préalable.

À Loudun, au-dessus des calcaires turoniens, il n'existe pas de bancs résistants qui pourraient réduire l'aléa. Les calcaires turoniens sont recouverts par des terrains de nature « meuble », composés d'argiles, de marnes, de calcaire et de sables, qui n'offrent aucune couverture résistante aux mouvements de terrain verticaux.

### **3.2.2.2. Rupture de pilier isolé**

Au sein d'une exploitation menée par la méthode des chambres et piliers, la ruine d'un (ou de plusieurs) pilier(s) peut se traduire par un effondrement de la surface.

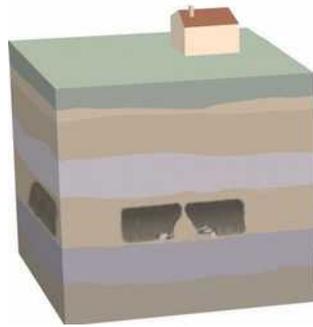


Illustration 17 : schéma d'une rupture de pilier.

La dimension du cratère est généralement plus importante puisque la surface déstabilisée au fond de la cavité correspond au moins au pilier ruiné et au vide périphérique qui l'entoure. Comme les cloches de fontis, les ruptures de piliers isolés sont des phénomènes ponctuels qui ne relèvent pas d'une instabilité globale de l'exploitation, mais qui résultent de la ruine localisée d'un point de soutènement.

Les conditions conduisant à ce phénomène peuvent trouver leur origine dans la méthode d'exploitation ayant conduit à des extractions trop intensives, en laissant des piliers sous-dimensionnés et fragilisés, et/ou à la présence de plusieurs niveaux d'exploitation avec des piliers mal superposés. Elles peuvent aussi résulter de paramètres géologiques défavorables (zones fracturées ou faillées, venues d'eau, etc.).

### 3.2.2.3. Rupture de tête de puits et débouillage

Un ancien puits d'accès, mal remblayé (à l'aide de matériaux inadaptés incorrectement mis en place) peut « débouiller », c'est-à-dire voir son remblai s'effondrer ou être emporté par des écoulements, vers les vides souterrains auxquels il est connecté.

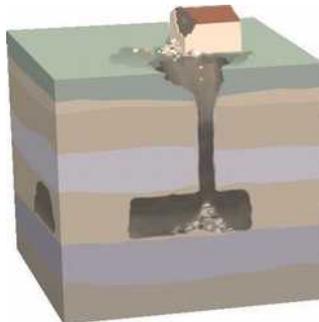


Illustration 18 : schéma d'une rupture d'une tête de puits.

Ce débouillage peut engendrer une rupture du recouvrement du puits (selon le même principe que les cloches de fontis) et un effondrement des terrains environnants. Il se produit alors un désordre dont les dimensions dépendent des caractéristiques géologiques et mécaniques des terrains et des dimensions de l'ouvrage.

Le diamètre du cratère peut correspondre à celui du puits si l'effondrement des remblais ne s'accompagne pas d'une rupture du terrain encaissant (quelques mètres de diamètre généralement). Il peut atteindre plus d'une dizaine de mètres si le terrain encaissant est impacté (par exemple, présence d'une couche importante de terrains meubles et déconsolidés en surface).

L'effondrement des terrains de surface peut également résulter de la rupture d'un ouvrage de couverture réalisé en tête de puits (platelage en bois, dalle de surface, bouchon mal dimensionné,

etc.). Dans ce cas, l'effondrement se circonscrit généralement au seul diamètre de puits, la rupture des terrains environnants n'étant qu'exceptionnelle.

Soixante treize puits ont été répertoriés et cartographiés sur la zone d'étude à l'aide du laser 3D Zeb-Revo. Il n'a pas été observé de signes d'instabilité ou de rupture de têtes de puits lors des visites de terrain effectuées dans les carrières.

### 3.2.3. Effondrement généralisé

L'effondrement « généralisé » ou « en masse » est une autre forme de manifestation en surface de la rupture d'un quartier souterrain (cf. Illustration 19). Il affecte des superficies beaucoup plus importantes que les effondrements localisés, en se traduisant par la descente brutale (quelques secondes) de l'ensemble des terrains de recouvrement. Les bordures de la zone mobilisée peuvent être affectées par des fractures ouvertes en « marches d'escalier » et de forts décrochements de terrain. Le phénomène est très préjudiciable pour les biens impactés puisqu'il conduit à des destructions.

Ce type de phénomène peut se produire au sein de cavités creusées à une profondeur relativement importante (environ une centaine de mètres) selon la méthode des chambres et piliers, avec présence d'un banc raide<sup>4</sup> dans le recouvrement.

Les conditions pour qu'un tel phénomène se produise à Loudun ne sont pas réunies : faible profondeur des cavités souterraines (inférieure à 20 mètres) et, a priori, absence de banc dur (dit 'banc raide'). Cet aléa n'est donc pas retenu.



Illustration 19 : exemple d'effondrement généralisé (source GEODERIS).

### 3.2.4. Affaissement progressif par rupture de piliers

L'affaissement est un réajustement des terrains de surface induit par la ruine partielle ou totale d'une carrière souterraine. Les désordres en surface, qui apparaissent généralement de façon lente et progressive, prennent la forme d'une dépression topographique à l'allure de cuvette, sans rupture cassante importante, mais avec une surface plus grande du fait de l'angle d'influence (cf. Illustration 20).

4 Banc raide se dit d'une formation géologique solide, épaisse et très peu fracturée

Les conditions de formation d'un tel affaissement dépendent de deux paramètres : un recouvrement qui se déforme doucement et la présence de piliers ou de massifs de maintien de l'édifice souterrain qui se dégradent dans le temps.

Les dimensions de la zone affaissée vont dépendre de l'extension de la cavité éboulée et de l'angle de propagation des désordres dans les terrains de couverture. L'extension en surface varie de quelques mètres à quelques dizaines de mètres.

Généralement, ce ne sont pas les affaissements qui impactent directement les bâtiments et infrastructures en surface, mais plutôt les déformations du sol en bordure de la cuvette d'affaissement, où des efforts d'extension suivis d'efforts de compression s'exercent vers le centre de la cuvette.

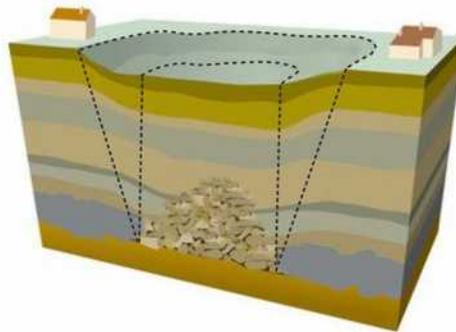


Illustration 20 : schéma d'un affaissement progressif avec angle d'influence.

L'identification de possibles phénomènes d'Affaissement a été effectuée dans les secteurs exploités selon la technique des chambres et piliers où l'évaluation d'un taux de défrètement est possible (présence de suffisamment d'informations géométriques).

Précisons que dans le cas de Loudun, les événements les plus importants qui se sont produits ont parfois directement impactés le bâti et la zone abaissée au centre s'est littéralement décrochée en formant une « marche » sur ses bordures. Ces événements, qualifiés généralement d'effondrement généralisés, n'en sont pas au regard des mécanismes mis en jeu et des définitions retenues pour qualifier les phénomènes. En effet, les affaissements sont liés à la rupture de piliers et aux déformations souples des terrains de recouvrement, alors qu'un effondrement généralisé correspond à la rupture de piliers et d'un banc dur et résistant, ce que l'on ne retrouve pas à Loudun. C'est pour cela que les mouvements de terrain de grande ampleur répertoriés à la Québrie et dans le secteur des Grandes-Caves ne sont donc pas qualifiés d'effondrements généralisés.

### 3.2.5. *Autres aléas*

#### 3.2.5.1. *Tassement résiduel des anciens effondrements*

De nouveaux phénomènes d'effondrements ou d'affaissements peuvent, a priori, être écartés lorsque des mouvements de terrain similaires ont déjà eu lieu. Cependant, on considère que le terrain reste instable et peut continuer d'évoluer à la recherche d'un état stable. Ce réarrangement des matériaux effondrés correspondant à du tassement résiduel qui peut perdurer.

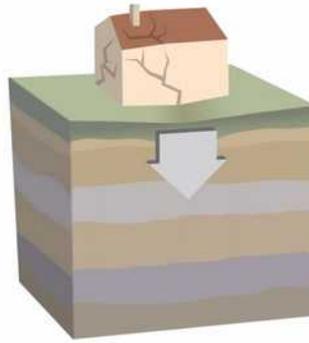


Illustration 21 : tassements résiduels sans rupture du sol.

A priori, ces mouvements de terrain résiduels ne menacent pas de ruine les ouvrages existants ou futurs, mais ils doivent être pris en compte lors de tout projet de construction.

### 3.2.5.2. Éboulement des entrées en cavage

Plusieurs entrées de carrière sont laissées à l'abandon sans entretien. Ces secteurs sont parfois sujets aux instabilités de terrain, du fait des travaux de terrassement qui ont été nécessaires pour leur création (talus de forte pente dans terrain meuble, voire verticaux dans la roche en place) et des agressions climatiques auxquelles ils sont soumis.

Des écroulements se sont déjà produits au niveau de l'accès à l'ancien boulodrome.

## 3.3. Probabilité d'occurrence des aléas

Après avoir identifié la nature et la localisation précise des aléas, il est nécessaire de déterminer leur probabilité d'occurrence et leur intensité pour définir leur niveau d'importance. En effet, l'aléa est un concept du risque naturel qui correspond à la probabilité qu'un phénomène se produise sur un site donné, au cours d'une période de référence et en atteignant une intensité ou une gravité qualifiable ou quantifiable. La caractérisation d'un aléa repose donc classiquement sur le croisement de l'intensité prévisible du phénomène avec sa probabilité d'occurrence.

Dans le cadre de l'élaboration d'un PPRN, la période de référence est le long terme, soit l'échelle centennale. Il est donc nécessaire d'intégrer à l'analyse la dégradation inéluctable dans le temps des caractéristiques des édifices souterrains et de leur encaissant rocheux.

La détermination de la probabilité d'occurrence des mouvements de terrain pose le difficile problème de la prévision dans le temps de la rupture des massifs rocheux. Les mouvements de terrain sont des phénomènes qui évoluent de manière quasiment imperceptible sur de longues périodes de temps et qui peuvent connaître intempestivement de soudaines accélérations. Ils sont donc très difficilement prévisibles.

Il ne s'agit pas de phénomènes se répétant périodiquement comme peuvent le faire des séismes ou des phénomènes hydrauliques. Plutôt que d'estimer une probabilité d'occurrence correspondant à une période de retour donnée (période de retour centennale par exemple), cette donnée est évaluée en déterminant la prédisposition des sites aux phénomènes de mouvements de terrain identifiés.

### 3.3.1. Probabilité d'occurrence de l'aléa effondrement localisé

#### 3.3.1.1. Carrières périphériques de Loudun

Leur **prédisposition à la rupture** (probabilité d'occurrence) sera qualifiée en s'appuyant sur leur état général.

Plusieurs paramètres géotechniques et physiques sont à observer dans une carrière pour déterminer son état général de stabilité.

##### 3.3.1.1.1. La fracturation

Les fractures naturelles et anthropiques affectent la stabilité des piliers et du toit des carrières. Les interstices présents facilitent alors la circulation de l'eau (autre facteur aggravant). Ces fractures peuvent guider la rupture du matériau, car elles constituent des plans pré-existants affaiblissant le massif rocheux.

Les fractures naturelles existaient avant l'exploitation des carrières. Elles sont liées aux contraintes naturellement subies par le massif rocheux en place en réponse aux mouvements tectoniques, aux lois physiques, aux circulations d'eau souterraine dans les fissures de la roche (phénomène de dissolution), etc. Elles ont été recoupées par les travaux souterrains d'extraction et, de fait, sont devenues des zones de faiblesse pour la stabilité des carrières.

Les fractures anthropiques (ou d'ordre mécanique) sont liées aux travaux d'extraction de la roche qui ont fragilisé l'équilibre de l'encaissant rocheux. Elles ont donc été provoquées par l'avancée des travaux souterrains, la présence de fractures naturelles (recoupement des fractures naturelles lors des travaux d'extraction) et répondent à l'organisation générale des carrières, dont les modes d'exploitation et les règles de sécurité appliquées (section des piliers, taux de défrètement, portées entre appuis, etc.). Elles peuvent se former au cours des travaux d'extraction de la pierre et correspondent alors à la libération quasiment immédiate des contraintes mécaniques contenues dans le massif rocheux en place. Elles peuvent également apparaître plus tard et traduisent alors plutôt la lente dégradation des édifices souterrains (vieillessement inéluctable des cavités souterraines).

##### 3.3.1.1.2. Les venues d'eau

Les venues d'eau se propagent préférentiellement par les discontinuités préexistantes de la roche (fracturation mécanique et naturelle). Elles participent grandement à la dégradation de la qualité des matériaux des piliers et du toit, en affaiblissant leurs caractéristiques géo-mécaniques et en créant des contraintes supplémentaires (élargissement des fissures par dissolution, pressions interstitielles). Elles peuvent se manifester par des suintements, des phénomènes de goutte-à-goutte ou des écoulements plus conséquents et sont dans tous les cas de figure un élément très défavorable pour la stabilité des cavités.

##### 3.3.1.1.3. Qualification de la prédisposition à la rupture

Les chutes de toit (bancs de toit et blocs isolés), les amorces de fontis, les écrasements de piliers, la fissuration, etc. sont des indices relevés par le géotechnicien lui permettant d'apprécier l'état général d'une cavité.

Les carrières de Loudun n'ont pas été visitées dans leur totalité, comme expliqué au chapitre § 3.1.3). Elles ont été systématiquement parcourues sur leurs bordures, sans forcément accéder aux zones centrales. Cependant, une appréciation globale de leur état a pu être établie par grands secteurs, à partir des secteurs observés et de l'aspect général qui en est ressorti.

Trois niveaux de prédisposition à la rupture ont ainsi été qualifiés (Peu Sensible, Sensible et Très Sensible) sur la base des observations effectuées et des informations fournies par les levés laser 3D au Zeb-Revo. Les caractéristiques des carrières ont ainsi pu être mises en évidence (fracturation, chutes de toit, etc).

Il est erroné d'appliquer un unique qualificatif d'état général sur l'ensemble d'une carrière dont la superficie fait plusieurs hectares et où des variations de son état ont été relevées.

Aussi, les carrières sont qualifiées en termes de prédisposition à la rupture en rattachant leur état géotechnique observé aux épaisseurs de recouvrement, pour extrapoler le niveau de prédisposition à la rupture aux zones non visitées. Ainsi, un état géotechnique constaté dans une partie visitée de cavité est considéré identique dans les zones voisines non visitées de même profondeur. En d'autres termes, une prédisposition à la rupture évaluée dans un secteur de cavité visité est jugé identique dans les secteurs non investigués de profondeur équivalente.

Prédisposition à la rupture	Critères
Peu Sensible	Bon état général, peu de fracturation, pas ou peu d'anciennes instabilités, parements sains. Quelques suintements observés.
Sensible	Présence d'une fracturation importante, de chutes de bancs de toit et d'eau au toit ou sur les parois.
Très Sensible	Présence d'une fracturation importante, de chutes de bancs de toit, de piliers très fissurés, de suintements d'eau, etc. qui traduisent un état de dégradation avancée ;

Tableau 9 : matrice décisionnelle de caractérisation de la probabilité d'occurrence de l'aléa « effondrement localisé » pour les carrières périphériques de Loudun.

#### 3.3.1.1.4. Carrière n°78

La carrière n°78 dite du Val-de-Loire présente des secteurs en mauvais état et des zones qui ont fait l'objet soit de confortement soit d'isolement au moyen de murs en parpaings. Le choix a été fait d'attribuer le qualificatif de prédisposition à la rupture « **Très sensible** » à l'ensemble de la carrière, car il est difficile de différencier les rares secteurs pouvant être de meilleure qualité.

#### 3.3.1.1.5. Carrière n°84

La carrière n°84 située au 32 rue de la Croix-Moquet est dans un état général qualifié de mauvais (amorce de cloche de fontis, anciens effondrements observés), soit une prédisposition à la rupture « **Très Sensible** ».

#### 3.3.1.1.6. Carrière n°95

La carrière n°95 dite de l'Ancien-Boulodrome présente des secteurs en mauvais état (piliers ruinés, fissures mécaniques), des secteurs effondrés et des zones qui ont fait l'objet soit de confortement soit d'isolement au moyen de murs en parpaings. Sa prédisposition à la rupture est qualifiée de « **Très Sensible** » à « **Sensible** » selon les zones et la géométrie des vides.

### 3.3.1.1.7. Carrière n°1321

La carrière n°1321 située au 10, rue des Cours est dans un état général qualifié de mauvais (amorçe de cloche de fontis, anciens effondrements observés), soit une prédisposition à la rupture « **Très Sensible** ».

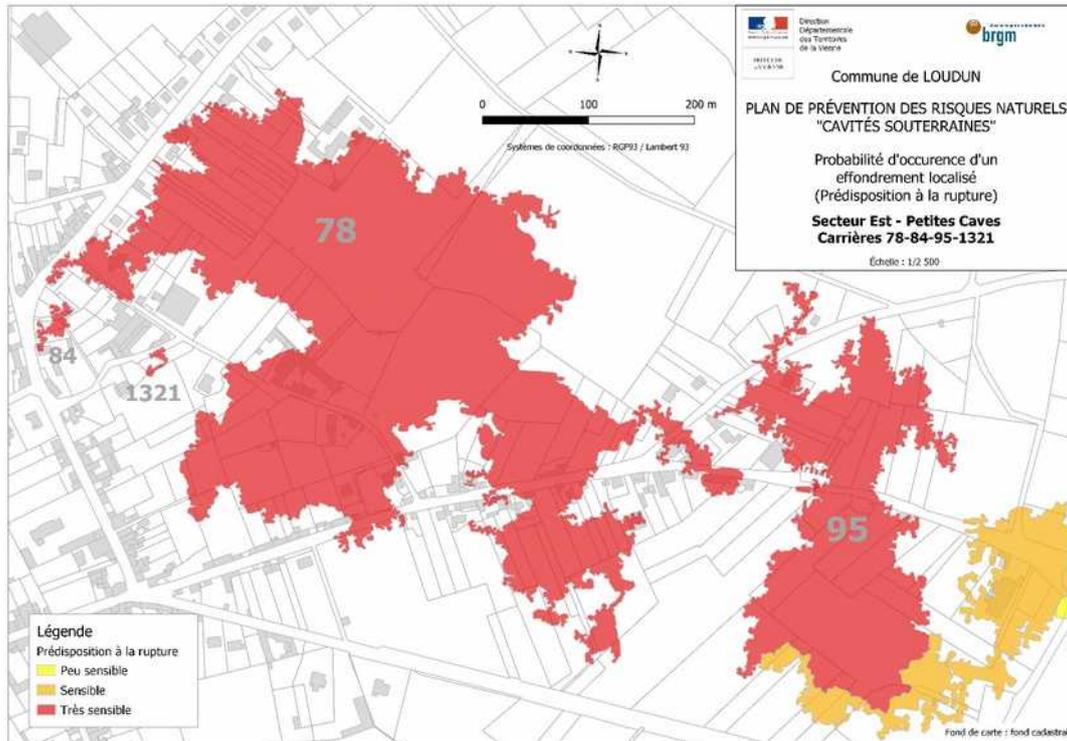


Illustration 22 : cartographie de la probabilité d'occurrence de l'aléa « effondrement localisé » pour les carrières périphériques n°78, 84, 95 et 1321 de Loudun.

### 3.3.1.1.8. Carrière n°99

La carrière n°99 dite Pirondeau présente un état général globalement « bon ». Certains secteurs ont néanmoins été qualifiés dans un « état moyen » en raison de la présence de quelques fractures ou de remontée de voûte, soit une prédisposition à la rupture qualifiée de « **Peu Sensible** » à « **Sensible** ».

### 3.3.1.1.9. Carrière n°104

La carrière n°104 dite Augereau présente un état général globalement « bon », dans la continuité de la carrière n°99 de Pirondeau. Certains secteurs ont néanmoins été qualifiés dans un état « moyen » en raison de la présence de quelques fractures, soit une prédisposition à la rupture qualifiée de « **Peu Sensible** » à « **Sensible** ».

### 3.3.1.1.10. Carrière n°105

La carrière n°105 dite du Stand-de-Tir présente des secteurs en mauvais état (piliers ruinés, fissures mécaniques, chutes de bancs de toit), des secteurs effondrés et des zones qui ont fait l'objet soit de confortement soit d'isolement au moyen de murs en parpaings. Sa prédisposition à la rupture est qualifiée de « **Très Sensible** » à « **Peu Sensible** » selon les zones et la géométrie des vides.

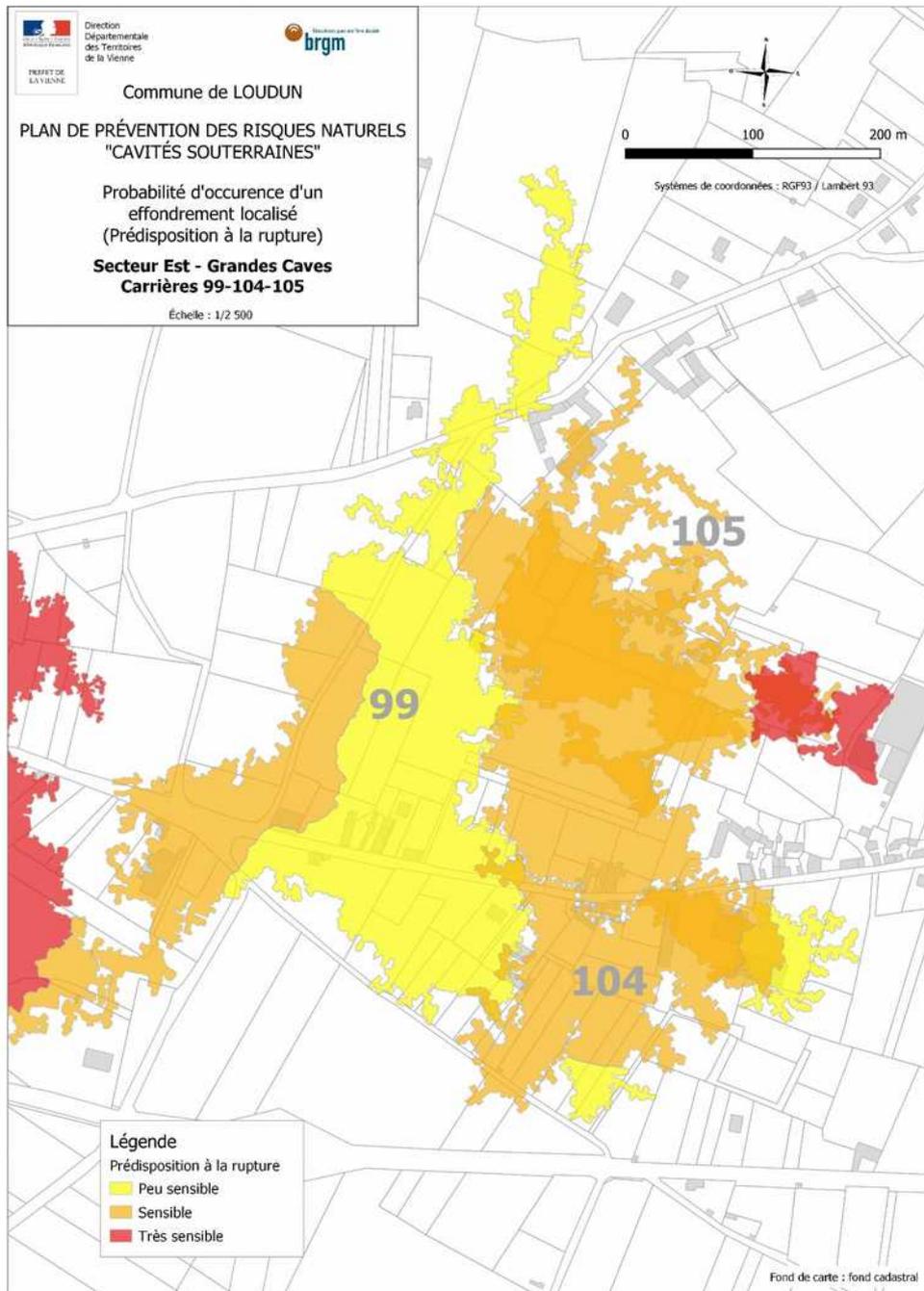


Illustration 23: cartographie de la probabilité d'occurrence de l'aléa « effondrement localisé » pour les carrières périphériques n°99, 104 et 105 de Loudun.

### 3.3.1.1.11. Carrière n°1006

La carrière n°1006 dite de la Chapelle-Souterraine se présente globalement en mauvais état. Son état général est principalement qualifié de « mauvais », avec un secteur partiellement considéré « moyen » dans sa partie nord où peu de signes d'instabilité du toit sont mis en évidence par les levés laser 3D Zeb-Revo. Sa prédisposition à la rupture est qualifiée de « **Très Sensible** » à « **Sensible** » selon les zones et la géométrie des vides.

### 3.3.1.1.12. Carrière n°2196

La carrière n°2196 dite de la Québrie-Sud présente de nombreux secteurs en mauvais état. Son état général est qualifié de « mauvais » sans distinction, soit une prédisposition à la rupture « **Très Sensible** ».

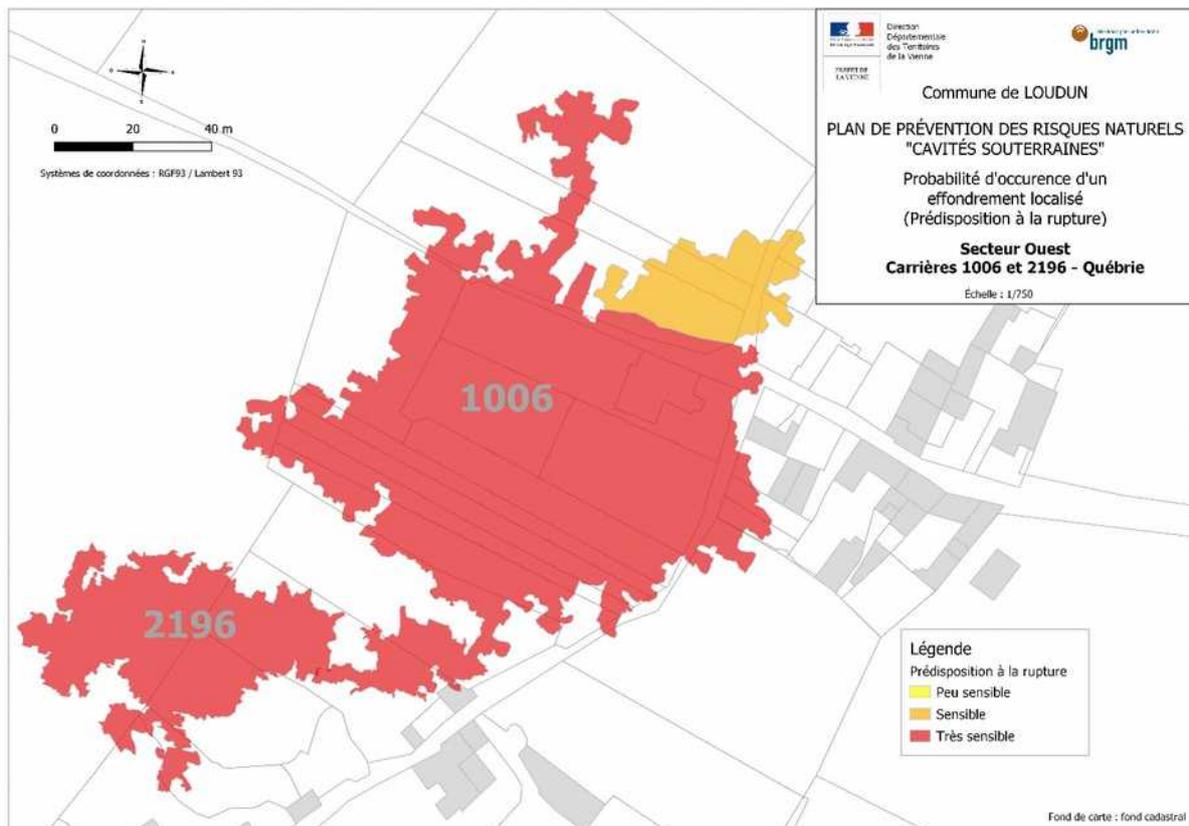


Illustration 24 : cartographie de la probabilité d'occurrence de l'aléa « effondrement localisé » pour les carrières périphériques n°1006 et 2196 (Québrie-Sud et Chapelle Souterraine) de Loudun

### 3.3.1.2. Carrières du centre-ville de Loudun

Leur niveau de connaissance varie d'une cavité à une autre (nombreuses cavités inaccessibles, localisations incertaines, géométrie et extensions imprécises, etc.). De nombreux témoignages et/ou indices indiquent qu'il y a très probablement de nombreuses cavités présentes non visitables ou oubliées. La probabilité d'occurrence est alors définie en s'appuyant sur la **présomption de présence de vides**. Cette notion est basée sur une extension probable des cavités connues et cartographiées. Elle permet d'étendre le zonage de l'aléa sur des secteurs suspectés à des degrés divers d'accueillir d'autres cavités (caves et galeries dans le cas du centre-ville de Loudun).

Présomption de présence de vides	Critères
Improbable	<p style="text-align: center;"><b>Présence de cavité très peu probable :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Géologie peu ou pas compatible avec le creusement de cavités (marnes, nappe peu profonde).</li> <li>• Pas de cavité mentionnées dans le secteur lors des inventaires effectués.</li> </ul>
Probable	<p style="text-align: center;"><b>Présence probable mais non confirmée par les visites :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contexte favorable au creusement dans le secteur/la rue du fait de la géologie et la géographie.</li> <li>• Pas d'indice mentionné mais présence de cavités à proximité.</li> </ul>
Très probable, voire certaine	<p style="text-align: center;"><b>Présence très probable voire certaine :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cavité visitée et cartographiée ou entrée de cavité observée ou indiquée.</li> <li>• Pas d'indice de cavité relevée spécifiquement à cet emplacement mais présence de cavités dans un environnement très proche.</li> </ul>

Tableau 10 : matrice décisionnelle de caractérisation de la probabilité d'occurrence de l'aléa « effondrement localisé » pour les cavités du centre-ville de Loudun.

Le MNT au pas de 1 m a été utilisé afin de tenir compte de la topographie pour dessiner les contours de chaque zone de présomption de vides identifiée, en englobant des secteurs homogènes en termes d'environnement et d'altitude. La carte géologique n'apporte pas d'élément utile permettant de cibler des secteurs susceptibles d'abriter des cavités, une formation géologique unique étant présente en centre-ville (pas de ciblage possible en fonction de la nature géologique du terrain).

Le zonage a été effectué selon la méthodologie décrite dans les trois paragraphes suivants.

### 3.3.1.2.1. Zones de présomption « Très probable » de présence de vides

Dans ces zones, il a été retenu les principes suivants :

- établissement d'un tampon de 1 m autour de l'emprise cartographiée des cavités connues afin de lisser le tracé et intégrer une incertitude de report sur les fonds cartographiques utilisés ;
- dans les rues abritant de façon quasiment continue des cavités visitées d'emprise connue et des cavités dont la présence est connue mais qui n'ont pas fait l'objet de visite (cavités potentielles considérées présentes en limite parcellaire le long des rues), le zonage est effectué en reliant l'ensemble des cavités sous la forme de bandes de « présomption ». La largeur des bandes correspond aux emprises des cavités visitées les plus étendues. Ces bandes ainsi affichées s'étendent en direction des propriétés depuis les rues Il est ainsi considéré que les cavités suspectées présentes sont de configuration et d'extension équivalentes à celles visitées.
- lorsqu'il y a une interruption de présomption de présence de vide entre deux zones suspectées, les bandes ainsi affichées s'arrêtent en englobant la moitié de la parcelle où s'interrompt la présomption de vide. Cette représentation permet de tenir compte que la dernière cavité suspectée peut empiéter sur le terrain voisin, comme cela a pu être constaté dans certaines cavités visitées ;

- lorsque des cavités sont répertoriées sans être visitables, sans connaissance de leur emprise et sans présence de cavité accessible à proximité permettant d'avoir une référence sur leurs extensions possibles, un tampon de 15 mètres de diamètre est appliqué autour du point localisant ces cavités. Cette valeur correspond aux dimensions moyennes des caves répertoriées dans le centre-ville de Loudun.



Illustration 25 : exemple du zonage des zones à présomption de présence « Très probable » s'appuyant sur l'emprise des cavités connues et levées avec un tampon de 1 m.

### 3.3.1.2.2. Zones de présomption « Probable » de présence de vides

il a été retenu les principes suivants :

- tracé d'une enveloppe dans le centre-ville de Loudun où se concentre la majorité des caves recensées ;
- pour les rues à l'extérieur du centre-ville, où des cavités rapprochées formant des groupes ont été recensées, tracé d'une enveloppe englobant les zones d'aléa fort caractérisant les cavités connues ;
- pour les cavités isolées traduites en aléa fort et détachées les unes des autres, pas de présomption probable retenue (pas d'agrandissement de zone).

### 3.3.1.2.3. Zones « Improbable »

- Il s'agit du reste du territoire communal.

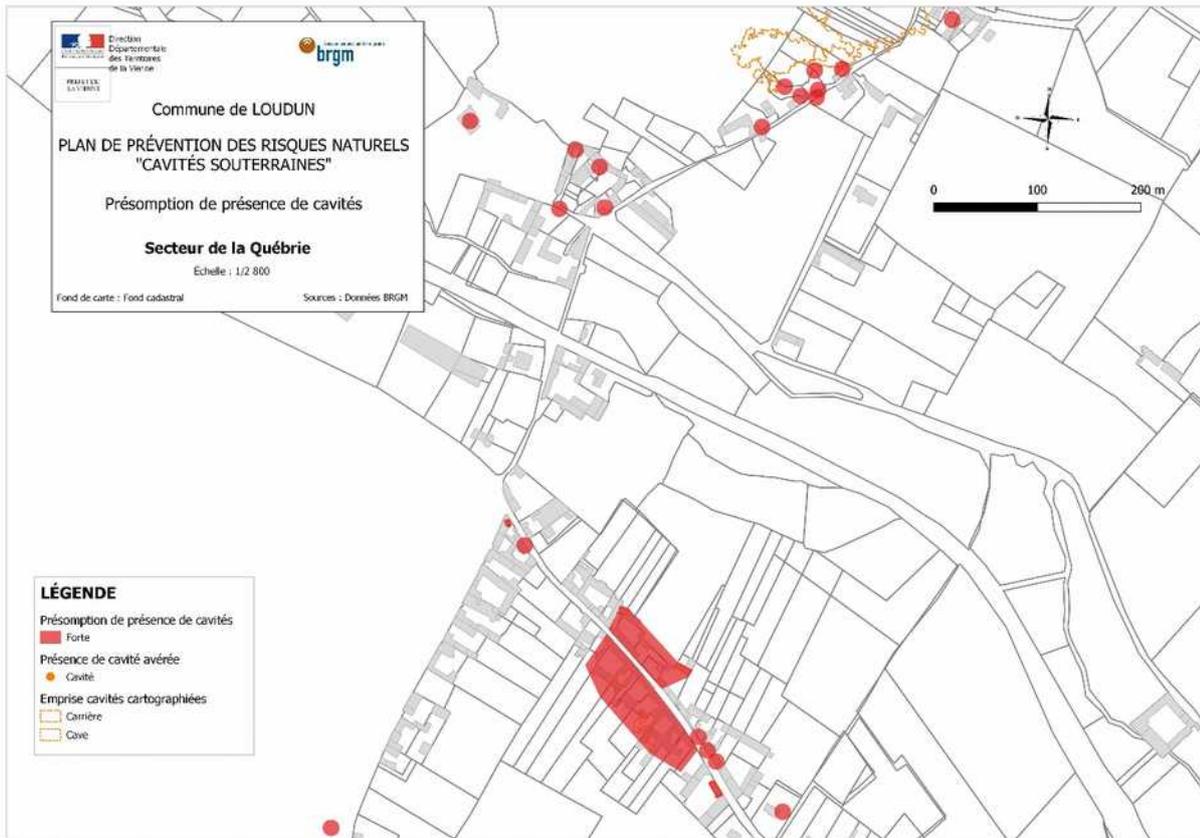


Illustration 26: présomption de présence de cavités dans les hameaux de Québric et Niré-le-Dolent.

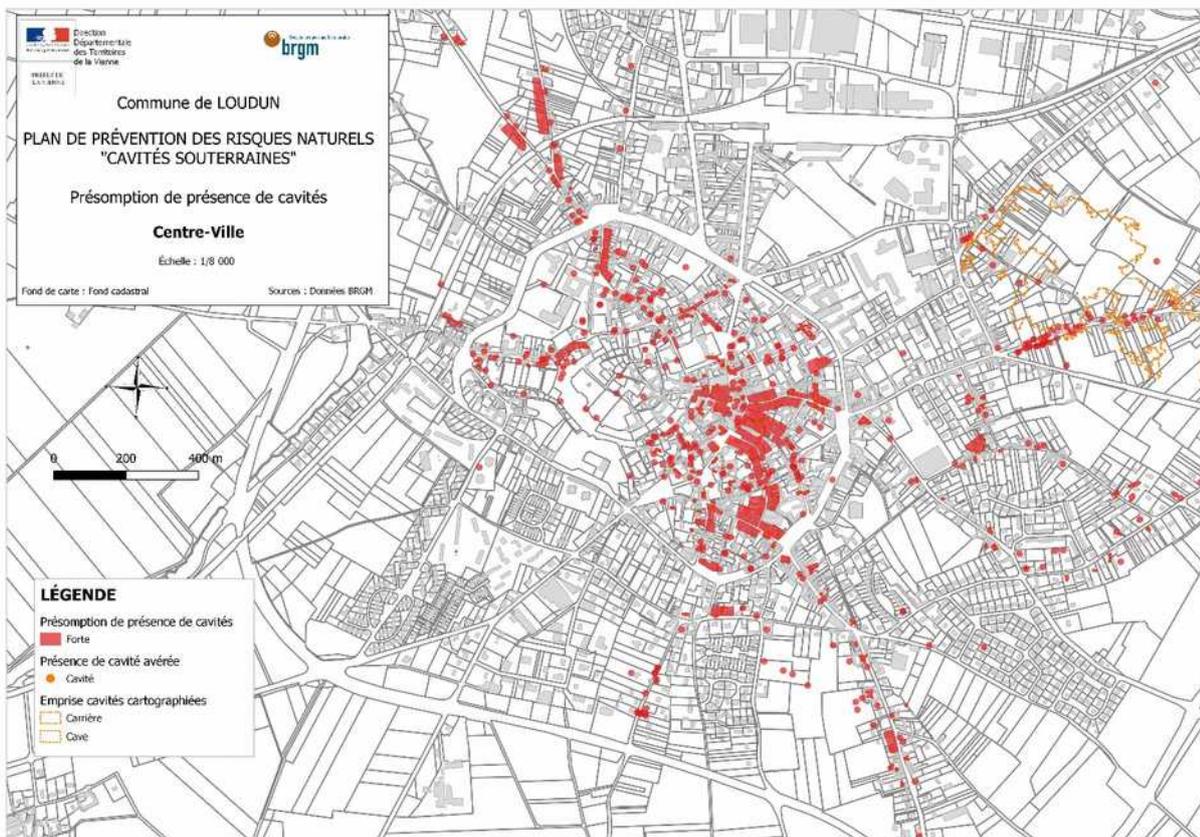


Illustration 27: présomption de présence de cavités « Très probable » en centre-ville de Loudun.

### 3.3.2. Probabilité d'occurrence de l'affaissement progressif

#### 3.3.2.1. Facteurs de prédisposition à l'aléa

Pour déterminer la prédisposition de cet aléa, il est nécessaire de déterminer la stabilité des piliers, car cet aléa découle de la rupture de piliers sous charge excessive.

Il faut donc réaliser un diagnostic de stabilité en comparant la résistance ultime du pilier à l'intensité des sollicitations qui s'exercent sur lui. Cette comparaison permet de calculer un **coefficient de sécurité**.

Pour ce faire, la méthode de l'aire tributaire sera appliquée.

D'après le guide IFSTTAR, le principe de cette méthode est d'admettre que chaque pilier de l'exploitation reprend individuellement les contraintes générées par la colonne de terrain le surmontant directement, ainsi que d'une partie de la masse rocheuse périphérique.

L'utilisation de ce modèle est notamment possible quand l'extension maximale de l'exploitation (Q) est supérieure à une fois et demie sa profondeur (H+h), dans le cadre des carrières exploitées horizontalement, avec chambres et piliers réguliers et recouvertes d'un matériau homogène.

À Loudun, le critère sur la répartition régulière des piliers est peu pertinent, car celle-ci est parfois anarchique. Aussi, le calcul sur la stabilité des piliers a été effectué en déterminant des zones homogènes, c'est-à-dire des zones dont les paramètres varient suffisamment peu pour que les mécanismes de rupture soient semblables en tout point. Par ailleurs, la connaissance géométrique des carrières de Loudun étant incomplète, il a été nécessaire de procéder à cette sélection de zones « échantillons ».

**De deux à sept zones ont été identifiées dans les carrières de Loudun.** La détermination de chaque zone s'est effectuée en tenant compte de la **taille des piliers**, des **taux de défrètement**, des **zones effondrées ou remblayées**, de la **sollicitation des piliers** et de la **résistance ultime des matériaux**.

##### 3.3.2.1.1. Taille des piliers

La taille des piliers a une influence importante sur la stabilité des carrières. Plus les piliers sont petits, plus ils sont sensibles aux sollicitations mécaniques, à l'irrégularité de leur répartition et à une dégradation au cours du temps. En cas de maillage irrégulier de la zone d'exploitation, les piliers les plus petits constituent un point faible d'où peuvent s'amorcer des dégradations. Puis va suivre un report des charges mécaniques sur les piliers adjacents, ce qui va ainsi conduire à un processus de dégradation plus général.

Les piliers les plus importants, dits piliers barrières, constituent des points de soutènement suffisamment massifs laissés lors de l'exploitation pour reprendre les charges et arrêter la propagation des phénomènes de rupture.

##### 3.3.2.1.2. Taux de défrètement

Le calcul du taux de défrètement permet d'obtenir une estimation de la superficie des vides pour un secteur donné. Cela permet d'évaluer la stabilité de l'ouvrage pour chaque secteur donné.

Il se calcule en divisant la surface des vides par la surface totale.

Sur Loudun, les taux de défrètement qui ont pu être calculés se situent entre 70 % et plus de 90 %.

### 3.3.2.1.3. Zones effondrées ou remblayées

Les zones effondrées peuvent intervenir comme facteur de sur-contrainte sur les piliers périphériques au secteur affecté.

Quant aux zones remblayées, elles diminuent l'intensité de l'affaissement (moins de vide à combler).

Les secteurs relevés à Loudun n'ont pas intégré de zones effondrées.

### 3.3.2.1.4. Sollicitations des piliers

Les sollicitations varient selon le contexte général de la carrière et la localisation des piliers, qu'ils se situent en bordure de la carrière ou non, qu'ils interagissent ou non avec les autres éléments porteurs et en fonction des zones de fracturation présentes.

La méthode la plus courante pour calculer la contrainte verticale moyenne sur les piliers est celle du modèle de l'aire tributaire. Cette méthode consiste à calculer le poids d'une colonne de terrain située au-dessus de la section horizontale du pilier. La sollicitation est calculée comme une force qui s'applique sur le pilier.

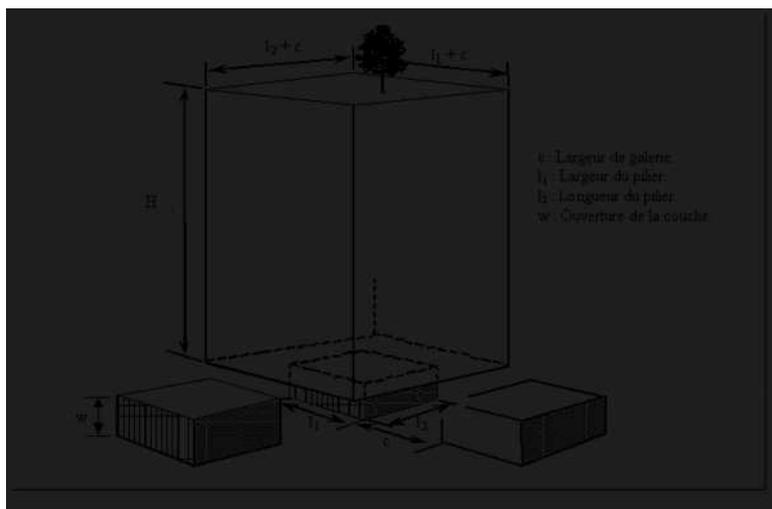


Illustration 28 : schéma théorique de l'aire tributaire<sup>5</sup>.

### 3.3.2.1.5. Résistance ultime des matériaux

La résistance ultime est déterminée en employant la résistance à la compression simple en milieu saturé en eau (il est possible que les piliers soient saturés en eau ou qu'ils présentent une forte teneur en eau), à partir de résultats obtenus en laboratoires lors d'études antérieures.

<sup>5</sup> L'expertise en questions - Apport des approches d'aide à la décision pour l'analyse et la gestion des risques - Myriam Merad -2009

### 3.3.2.2. Calculs

#### 3.3.2.2.1. Formules

La contrainte verticale théorique moyenne  $\sigma_n$  exercée sur les piliers d'une zone type de la carrière est fonction du poids des terrains sus-jacents et du taux de défrètement de la carrière dans cette zone. Elle est obtenue par :

$$\sigma_n = \gamma H / (1-\tau)$$

Où :

$\gamma$  est le poids volumique apparent du recouvrement (kN/m<sup>3</sup>)

H est la hauteur de recouvrement (m)

$\tau$  est la valeur du taux de défrètement (%)

La mise en relation entre la contrainte verticale théorique  $\sigma_n$  et les caractéristiques mécaniques moyennes des formations en présence, en l'occurrence la résistance ultime à la compression uniaxiale  $R_u$ , permet de définir un facteur de sécurité F qui s'exprime par la relation :

$$F = R_u / \sigma_n$$

#### 3.3.2.2.2. Valeurs utilisées pour les calculs

Des valeurs de caractéristiques mécaniques issues d'essais en laboratoire ont été recueillies dans un rapport<sup>6</sup> concernant l'étude géotechnique d'une partie de la carrière du Val de Loire (Cavité 78). Elles caractérisent le tuffeau de Loudun. Elles sont présentées ci-après :

- Teneur en eau élevée # 21 % ;
- Densité sèche de 1,38 en moyenne ;
- Résistance à la compression simple  $R_c$  comprise entre 3,7 et 4,9 MPa et des valeurs plus faibles (1,8 MPa) à proximité des entrées ;
- Modules de déformabilité entre 860 et 1180 MPa ;
- Résistance à la traction de 0,4 à 0,6 MPa.

D'autres valeurs<sup>7</sup> issues d'un rapport concernant l'étude des pierres pour la réfection des façades<sup>8</sup> ont été recueillies :

- Densité du tuffeau de Loudun : 1372 ;
- Résistance à la compression<sup>9</sup> : min = 5,5 MPa ; max = 7,7 MPa ; moy = 6,4 MPa ;
- Densité du tuffeau de Bourré : 1457.

Ces valeurs, issues du répertoire des carrières de Pierre de Taille de 1889 et de l'« Étude des carrières de Touraine. 1947 » (J. Bourcart), ont été établies à partir d'un nombre d'échantillons variables pris en carrière. Il existe des différences sensibles d'un site d'extraction à l'autre. Le nombre d'essais ayant permis d'obtenir ces données peut être très variable, en général entre 5 et 10 par carrière. Il est parfois réduit à 2 et parfois supérieur à 20. On ignore d'ailleurs le nombre d'essais qui ont permis d'obtenir ces données et également si les prélèvements et les essais ont toujours été faits dans les mêmes conditions. Il est donc difficile de dire si certains écarts sont le reflet de la réalité ou s'ils sont dus en partie au mode opératoire. Ces données peuvent être comparées à celles recueillies dans le rapport de 1978.

6 Rapport BRGM 78 SGN 126/AQI de 1978

7 D'après le répertoire des carrières de Pierre de Taille de 1889 et J. Bourcart « Etude des carrières de Touraine. 1947 »

8 Rapport BRGM 88 SGN 561/PAL de 1988

9 1 MPa = 10 kg/cm<sup>2</sup>

Par ailleurs, les valeurs de résistance à la compression ultime  $R_u$  utilisées pour les calculs seront égales à  $R_c/2$ . En effet, d'après le guide IFSTTAR, « pour prendre en compte le vieillissement et le fluage de la roche, on peut admettre en première approximation que les caractéristiques à long terme, aussi bien de résistance en compression que de module d'Young, sont divisées par un coefficient de correction de 2 pour la craie et de 3 pour le gypse par rapport aux essais normalisés ; cette réduction est moins importante pour des calcaires compacts (facteur de 1,2 à 1,5) ».

Le tuffeau de Loudun étant qualifiée de roche tendre, le coefficient de correction appliqué est donc de 2, ainsi  $R_u = R_c/2$ . Ce qui signifie que la prise en compte de l'effet de temps et du vieillissement du matériau implique que la résistance ultime du calcaire  $R_u$  correspond à 50% de la résistance à la compression simple  $R_c$ .

Aussi, sur la base des éléments recueillis, les valeurs retenues pour le calcul des facteurs de sécurité sont :

- Poids volumique  $\gamma = 1,372 \text{ kN/m}^3$
- Résistance à la compression  $R_c = 6,4 \text{ MPa}$ , soit  $R_u = 3,2 \text{ MPa}$

### 3.3.2.2.3. Évaluation de la classe de probabilité d'occurrence

La totalité des piliers n'ayant pas été cartographiée, des zones homogènes de référence ont été définies dans des secteurs renseignés des carrières, pour évaluer la classe de probabilité d'occurrence. Leurs contours ont été tracés en les établissant à mi-distance entre les éléments porteurs inclus aux zones représentées et les éléments porteurs situés à l'extérieur, afin de prendre en considération le report des charges. Les zones sont reportées sur les cartes des illustrations 29 et 30.

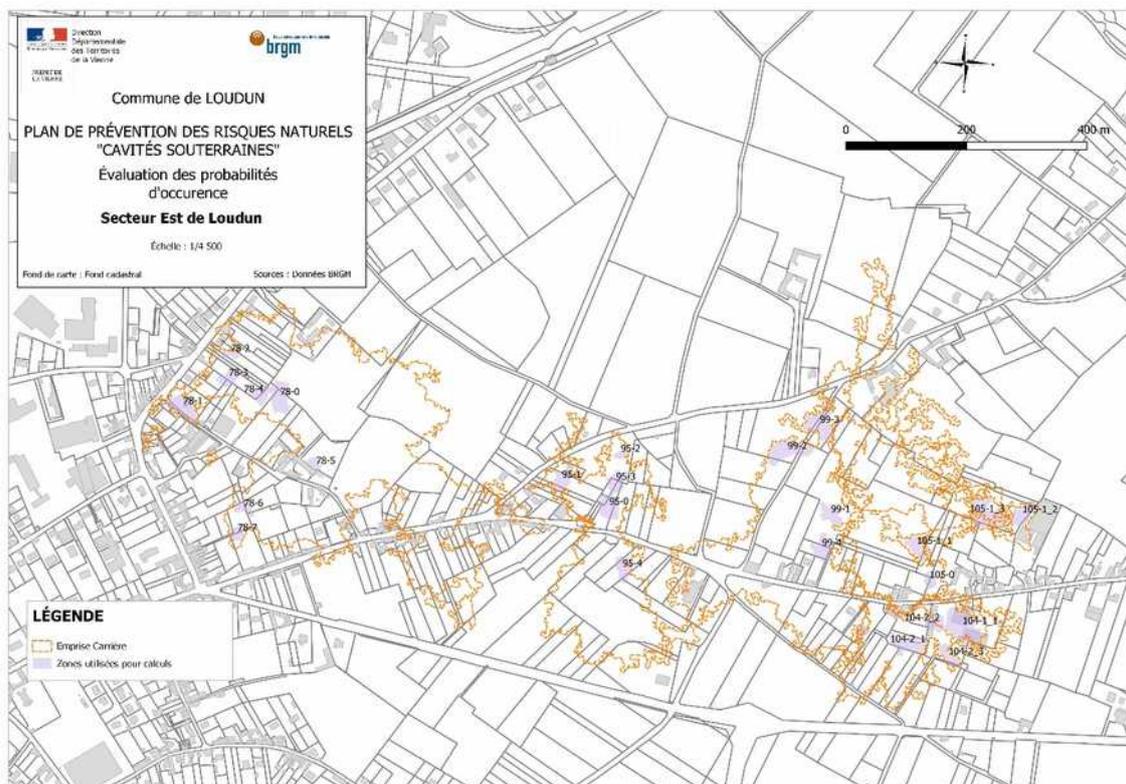


Illustration 29 : zones utilisées pour les calculs du facteur de sécurité – Secteur Est de Loudun.

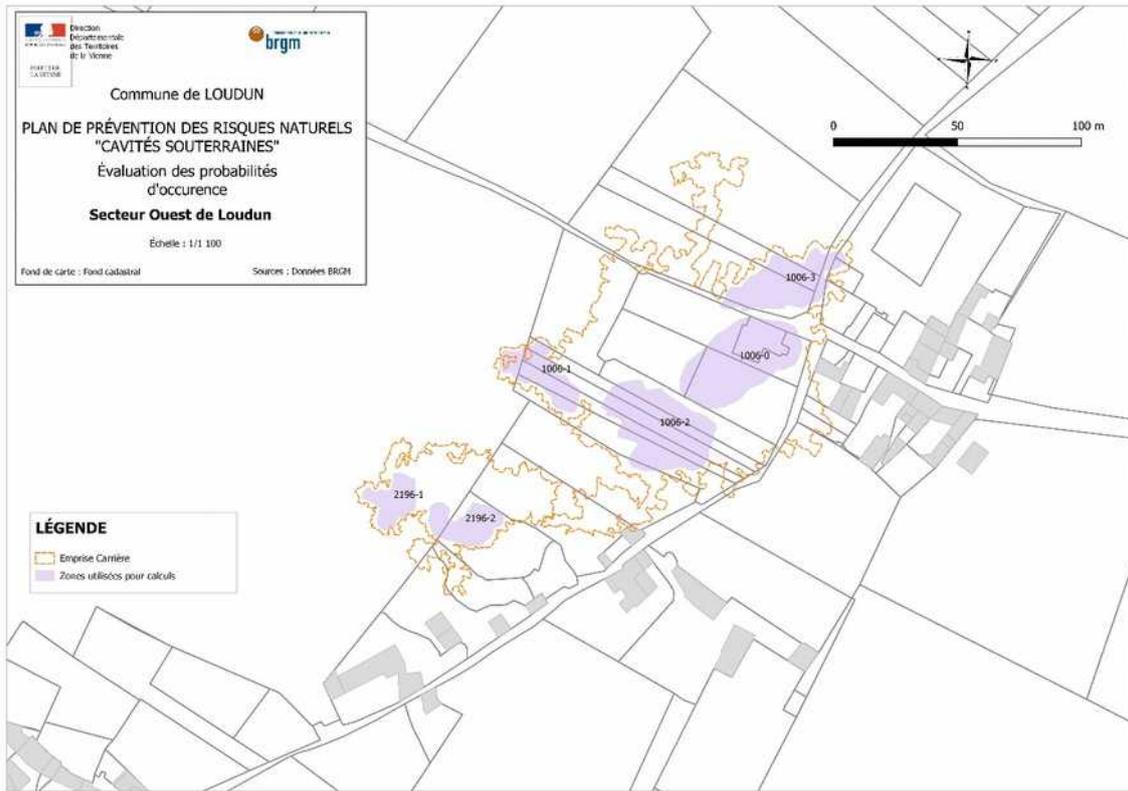


Illustration 30: zones utilisées pour les calculs du facteur de sécurité – Secteur Ouest de Loudun.

Dans chacune des zones homogènes identifiées, la contrainte verticale  $\sigma_n$  est calculée en fonction des éléments géométriques recueillis (H hauteur moyenne de recouvrement et  $\tau$  la valeur du taux de défrèvement de la zone). Le coefficient de sécurité peut ensuite être calculé.

Les résultats des calculs pour chacune des zones sont présentées ci-après :

Zones	Superficie			$\tau$ (%)	commentaire H sur la zone	H (m)	$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\sigma$ (Mpa)	Rc (MPa)	Ru (MPa)	FS
	Total	Piliers	Vides								
0	1376			90	compris entre 4,8 et 6,5	5,5	0,1372	0,7546	6,4	3,2	4,24
1	1152	189	963	84	compris entre 1 et 3	1,8	0,1372	0,15	6,4	3,2	21,26
2	233,3	27	206,3	88	compris entre 3 et 4	3,5	0,1372	0,41	6,4	3,2	7,71
3	662	62	600	91	compris entre 4 et 5	4,5	0,1372	0,66	6,4	3,2	4,85
4	647	41	606	94	compris entre 4,5 et 5	5	0,1372	1,08	6,4	3,2	2,96
5	481	67	414	86	compris entre 5 et 7,8	6	0,1372	0,59	6,4	3,2	5,41
6	405	43	362	89	compris entre 1,3 et 3,6	2,5	0,1372	0,32	6,4	3,2	9,91
7	434	33	401	92	compris entre 2 et 3,5	2,8	0,1372	0,51	6,4	3,2	6,33

Tableau 11 : calculs des coefficients de sécurité par zone pour la carrière n°78 – Val de Loire.

Zones	Superficie			$\tau$ (%)	commentaire H sur la zone	H (m)	$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\sigma$ (Mpa)	Rc (MPa)	Ru (MPa)	FS
	Total	Piliers	Vides								
0	1158			84	compris entre 9 et 11	10	0,1372	0,8575	6,4	3,2	3,73
1	687	145	542	79	compris entre 9 et 10,2	9,8	0,1372	0,637	6,4	3,2	5,02
2	229	36	193	84	compris entre 11 et 12,6	11,8	0,1372	1,0298	6,4	3,2	3,11
3	728	122	606	83	compris entre 10,6 et 11,5	11	0,1372	0,9006	6,4	3,2	3,55
4	752	117	635	84	compris entre 10,5 et 11,5	11	0,1372	0,97	6,4	3,2	3,30

Tableau 12 : calculs des coefficients de sécurité par zone pour la carrière n°95 – Ancien Boulodrome.

Zones	Superficie			$\tau$ (%)	commentaire H sur la zone	H (m)	$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\sigma$ (Mpa)	Rc (MPa)	Ru (MPa)	FS
	Total	Piliers	Vides								
1	776	159	617	80	compris entre 18 et 19	18,5	0,1372	1,2388	6,4	3,2	2,58
2	1585	467	1118	71	compris entre 16 et 17	16,5	0,1372	0,7683	6,4	3,2	4,16
3	1275	325	950	75	compris entre 15,8 et 16,8	16	0,1372	0,8612	6,4	3,2	3,72
4	837	219	618	74	compris entre 17 et 18	17,5	0,1372	0,9176	6,4	3,2	3,49

Tableau 13 : calculs des coefficients de sécurité par zone pour la carrière n°99 – Carrière Pirondeau.

Zones	Superficie			$\tau$ (%)	commentaire H sur la zone	H (m)	$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\sigma$ (Mpa)	Rc (MPa)	Ru (MPa)	FS
	Total	Piliers	Vides								
1-1	2341	415	1926	82	compris entre 3,3 et 6,2	4,5	0,1372	0,3483	6,4	3,2	9,19
1-2	1194	243	951	80	compris entre 13,6 et 15	14,5	0,1372	0,9775	6,4	3,2	3,27
2-2	597	110	487	82	compris entre 12 et 13,3	12,5	0,1372	0,9308	6,4	3,2	3,44
3-2	490	115	375	77	compris entre 13 et 13,6	13,2	0,1372	0,7717	6,4	3,2	4,15

Tableau 14 : calculs des coefficients de sécurité par zone pour la carrière n°104 – Carrière Augereau.

Zones	Superficie			$\tau$ (%)	commentaire H sur la zone	H (m)	$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\sigma$ (Mpa)	Rc (MPa)	Ru (MPa)	FS
	Total	Piliers	Vides								
0	432			85	compris entre 12,5 et 15	14	0,1372	1,36	6,4	3,2	2,35
1-1	779	110	669	86	compris entre 13,3 et 15	8	0,1372	0,7035	6,4	3,2	4,55
2-1	814	127	687	84	compris entre 6,3 et 9,3	9,5	0,1372	0,5953	6,4	3,2	5,38
3-1	1658	363	1295	78	compris entre 8,5 et 12	14	0,1372	1,2805	6,4	3,2	2,50

Tableau 15 : calculs des coefficients de sécurité par zone pour la carrière n°105 – Stand de tir.

Zones	Superficie			$\tau$ (%)	commentaire H sur la zone	H (m)	$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\sigma$ (Mpa)	Rc (MPa)	Ru (MPa)	FS
	Total	Piliers	Vides								
0	1150			80	compris entre 10,8 et 15	13	0,1372	0,89	6,4	3,2	3,59
1	418	96	322	77	compris entre 15 et 18	17	0,1372	1,02	6,4	3,2	3,15
2	1099	211	888	81	compris entre 10 et 14	13	0,1372	0,93	6,4	3,2	3,44
3	706	136	570	81	compris entre 13,5 et 16	15	0,1372	1,07	6,4	3,2	3,00

Tableau 16 : calculs des coefficients de sécurité par zone pour la carrière n°1006 – Chapelle Souterraine.

Zones	Superficie			$\tau$ (%)	commentaire H sur la zone	H (m)	$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\sigma$ (Mpa)	Rc (MPa)	Ru (MPa)	FS
	Total	Piliers	Vides								
1	274	34	240	88	compris entre 8 et 11	10	0,1372	1,1057	6,4	3,2	2,89
2	360	59	301	84	compris entre 6,5 et 9,5	8	0,1372	0,6697	6,4	3,2	4,78

Tableau 17 : calculs des coefficients de sécurité par zone pour la carrière n°2196 - Chapelle Souterraine.

Les guides de l'INERIS et de l'IFSTTAR permettent de déterminer plusieurs niveaux de probabilité d'occurrence selon la valeur du facteur de sécurité.

Niveau d'occurrence	Coefficient de sécurité
Forte	Inférieur à 1
Moyenne	Compris entre 1 et 1,2
Faible	Compris entre 1,2 et 1,5
Supposée nulle	Supérieur ou égal à 1,5

Tableau 18 : matrice décisionnelle de caractérisation de la probabilité d'occurrence de l'aléa « affaissement généralisé » à partir du coefficient de sécurité.

Pour les carrières de Loudun, les valeurs de coefficient de sécurité calculées dans les zones identifiées sont toutes supérieures à 1,5, ce qui signifie que le phénomène de rupture de piliers peut être écarté. Par conséquent, l'aléa « affaissement » ne sera pas traité.

### 3.4. Intensité des aléas

D'après le guide PPR Cavités, l'intensité caractérise l'ampleur des répercussions attendues.

Pour hiérarchiser les conséquences des mouvements de terrain, plusieurs classes d'intensité ont été définies (de limitée à élevée) en fonction de la nature des phénomènes attendus.

La démarche mise en œuvre consiste à :

- identifier la grandeur physique la plus représentative permettant de caractériser les conséquences des événements redoutés ;
- évaluer la valeur prévisible de cette grandeur pour chaque site, pour définir à quelle classe d'intensité le phénomène redouté correspond.

**Au vu des éléments décrits précédemment, le calcul de l'intensité se limitera au seul phénomène d'effondrement localisé (phénomènes d'effondrement généralisé et d'affaissement exclus).**

#### 3.4.1. Intensité de l'aléa effondrement localisé

L'intensité de l'aléa caractérise la dangerosité du phénomène vis-à-vis des personnes et des biens. Ce sont les dimensions de l'entonnoir en surface survenant lors d'une remontée de fontis ou d'un effondrement de tête de puits, qui définissent alors le niveau de danger.

L'intensité dépend également de la probabilité d'apparition (ou susceptibilité) d'un fontis en surface. En effet, si l'effondrement ne débouche pas, il n'y a pas d'impact direct en surface (ou très peu) et l'intensité en sera d'autant plus réduite, voire négligeable. Deux paramètres sont donc examinés pour déterminer l'importance de l'intensité :

- Le percement ou non de l'effondrement en surface ;
- Le diamètre de l'effondrement en surface.

Pour les carrières en périphérie de Loudun, le percement ou non de l'effondrement en surface a été étudié en appliquant la règle empirique du 1/15, complétée par la méthode des volumes afin de déterminer le diamètre en surface et la profondeur de l'effondrement.

##### 3.4.1.1. Remontée au jour du fontis

Pour qualifier la remontée ou non d'un fontis en surface, la règle empirique du 1/15<sup>ème</sup> [Vachat 1982] consiste à appliquer le rapport entre les épaisseurs de recouvrement et les hauteurs de vide des cavités. JC Vachat a montré, pour les carrières ayant exploité le calcaire grossier, que lorsque l'épaisseur de recouvrement dépasse 15 fois la hauteur de vide, le fontis ne perce pas à la surface. L'utilisation de cette méthode permet de déterminer la susceptibilité d'apparition d'un fontis en surface.

Dans le cas des carrières levées précisément à Loudun, on détient des informations précises sur les hauteurs de vides et les épaisseurs de recouvrement pour les 9 carrières cartographiées au laser 3D Zeb-Revo (37 ha de superficie concernée).

Une cartographie du rapport du recouvrement (H) sur les hauteurs de vide (h) a été établie pour chacune d'entre elles, avec les critères de classe suivants :

Rapport H/h	Susceptibilité d'apparition d'un fontis en surface
Supérieur à 15	Très faible
Compris entre 10 et 15	Faible
Compris entre 5 et 10	Moyenne
Inférieur à 5	Fort

Tableau 19 : détermination de la susceptibilité d'apparition d'un fontis en surface pour les carrières en périphérie de Loudun.

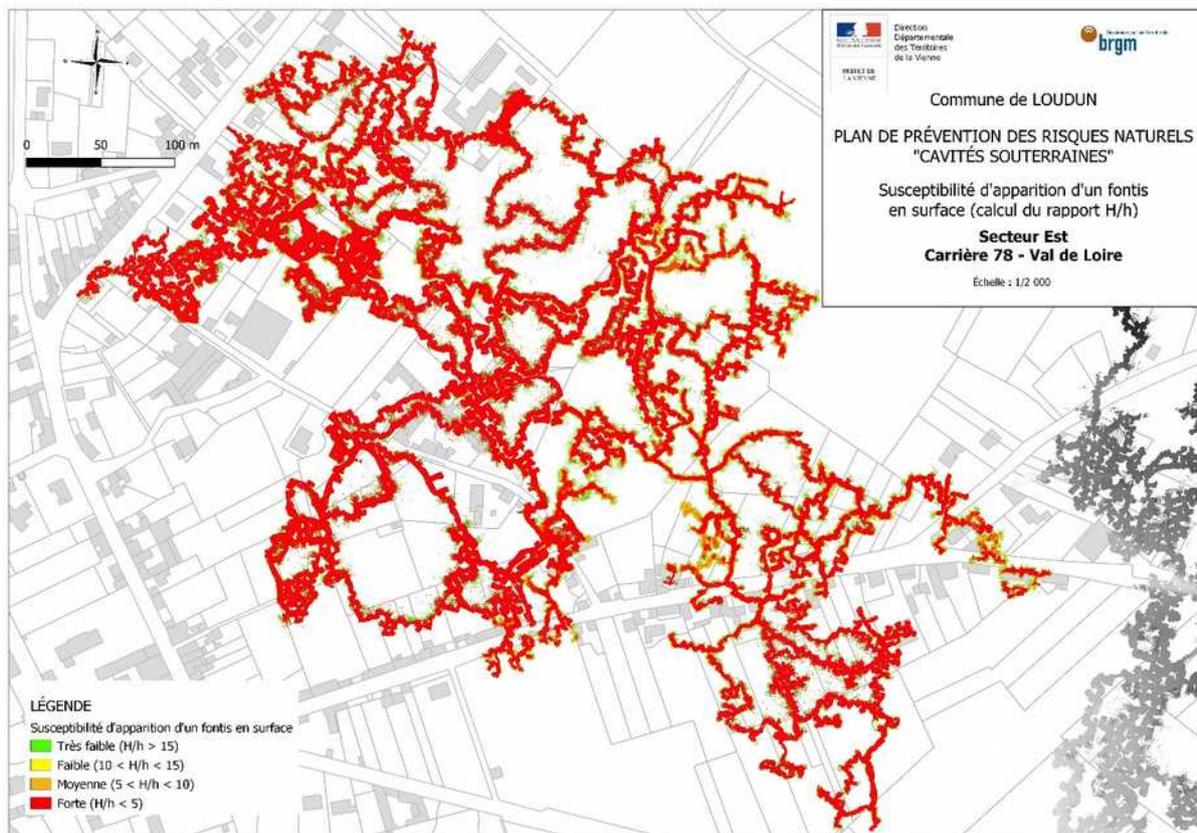


Illustration 31 : cartographie de la susceptibilité d'apparition d'un fontis en surface pour la carrière n°78 (Val-de-Loire).

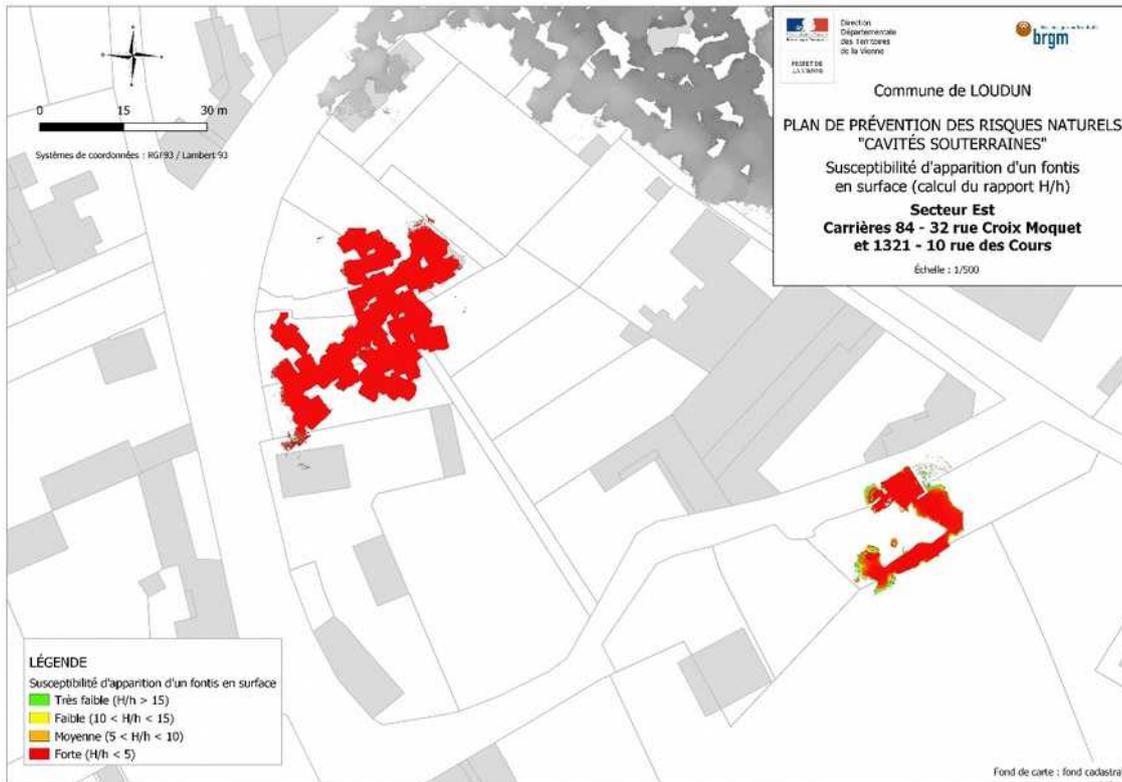


Illustration 32 : cartographie de la susceptibilité d'apparition d'un fontis en surface pour les carrières n°84 (32 rue Croix-Moquet) et n°1321 (10 rue des Cours).

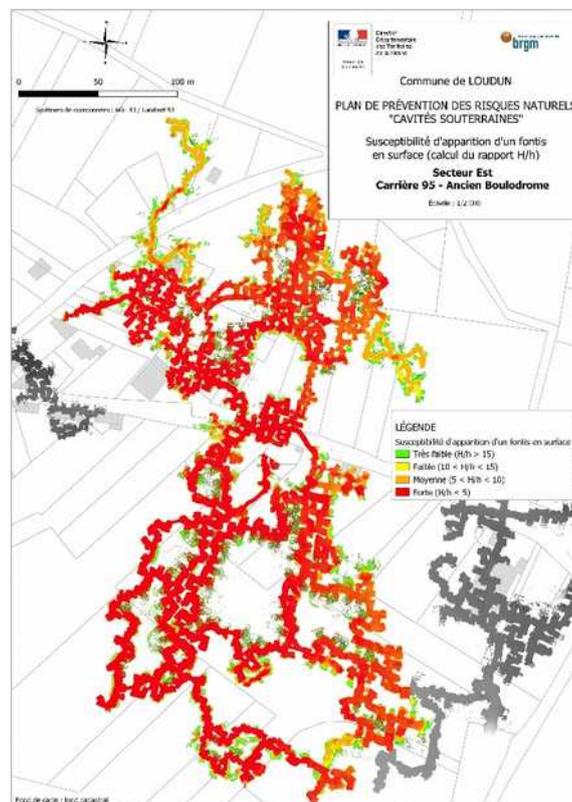


Illustration 33 : cartographie de la susceptibilité d'apparition d'un fontis en surface pour la carrière n°95 (Ancien-Boulodrome).

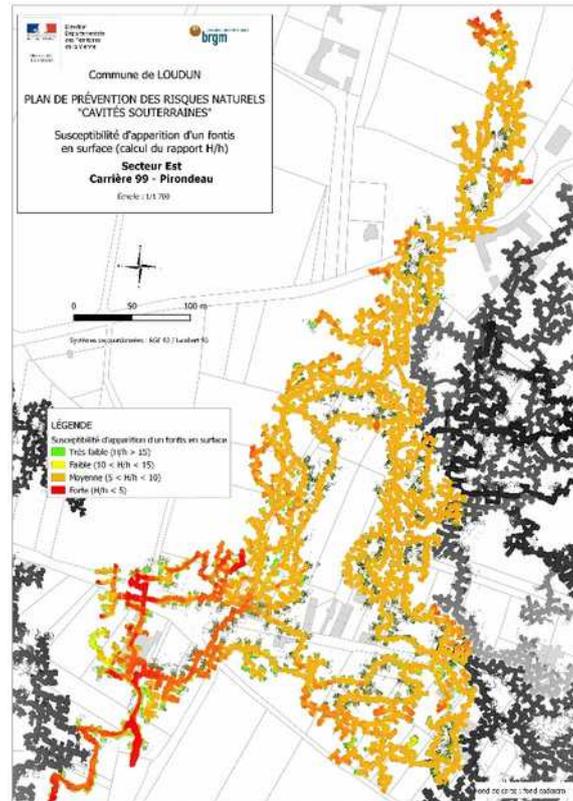


Illustration 34 – Cartographie de la susceptibilité d'apparition d'un fontis en surface pour la carrière n°99 (Pirondeau).

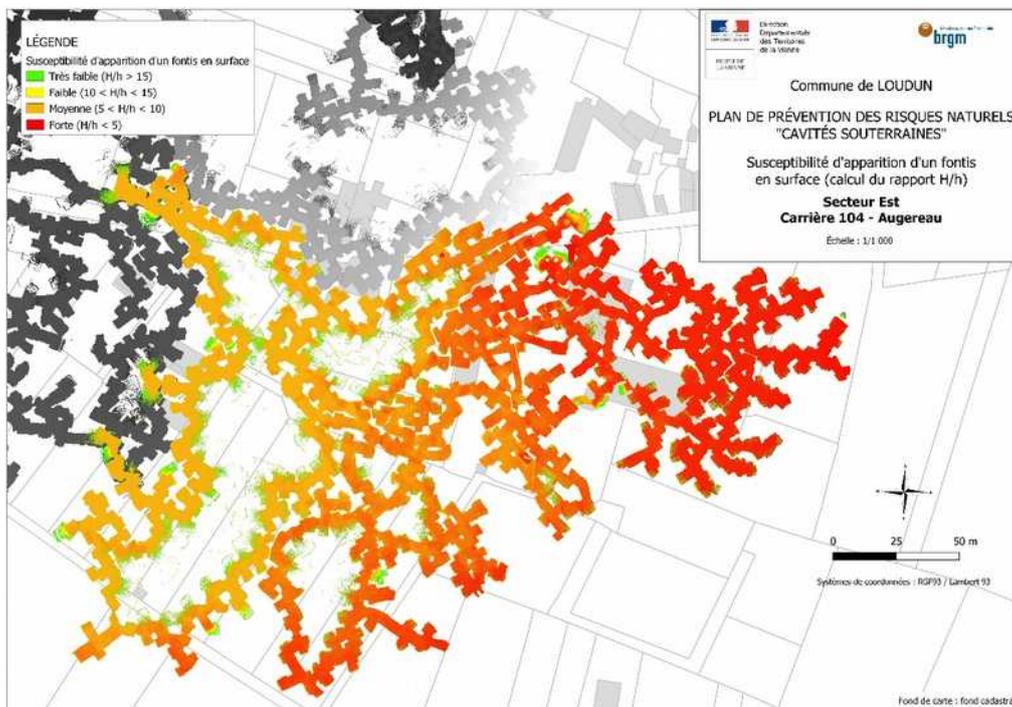


Illustration 35 : cartographie de la susceptibilité d'apparition d'un fontis en surface pour la carrière n°104 (Augereau).

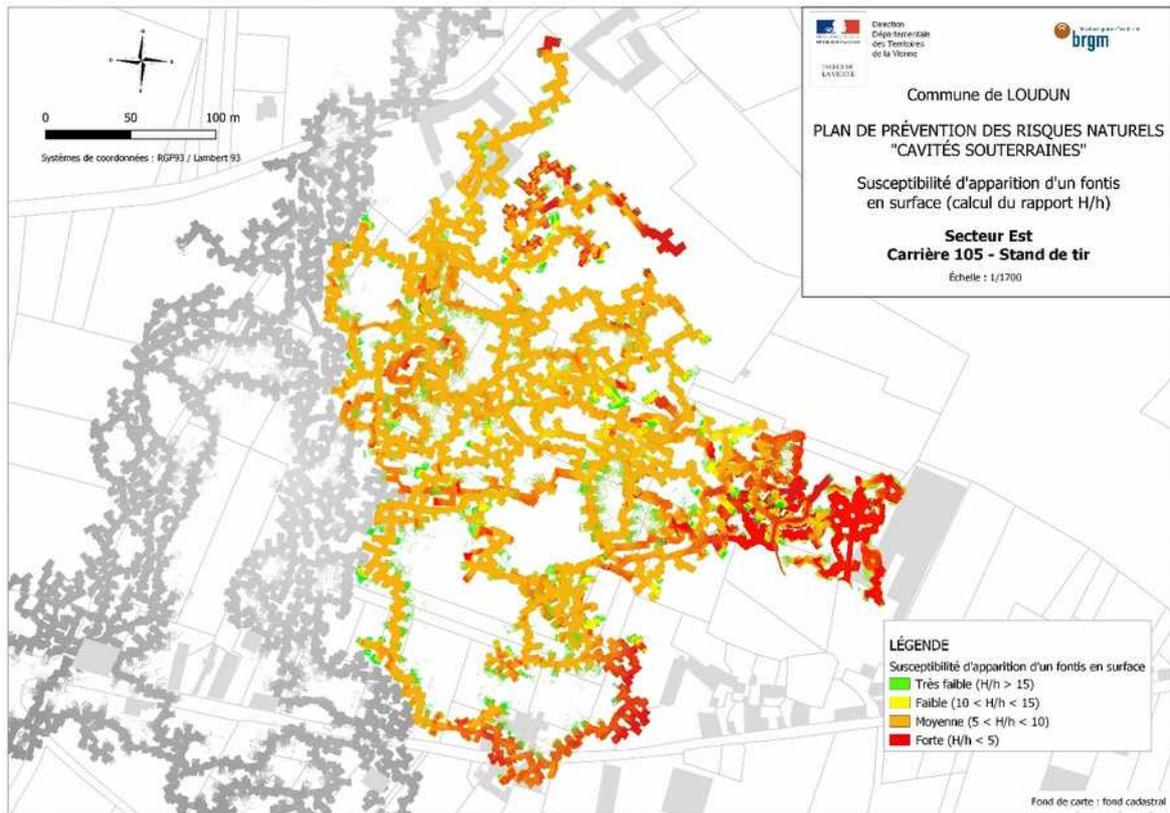


Illustration 36 : cartographie de la susceptibilité d'apparition d'un fontis en surface pour la carrière n°105 (Stand-de-tir).

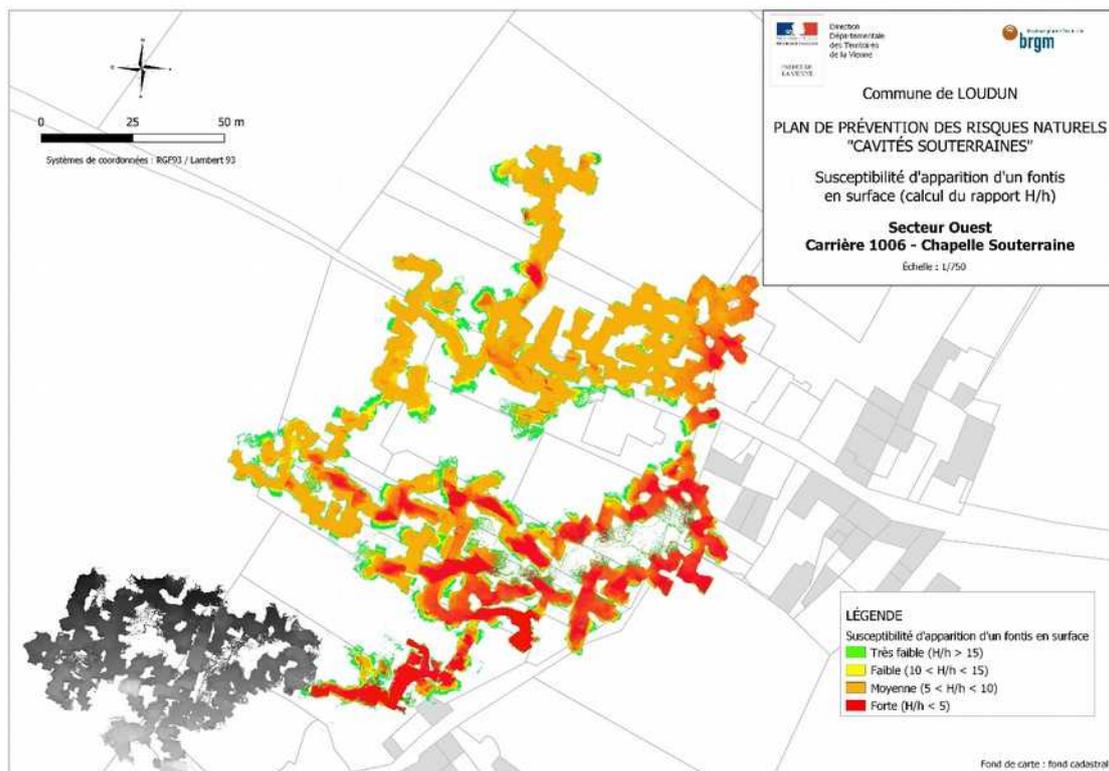


Illustration 37 : cartographie de la susceptibilité d'apparition d'un fontis en surface pour la carrière n°1006 (Chapelle-Souterraine).

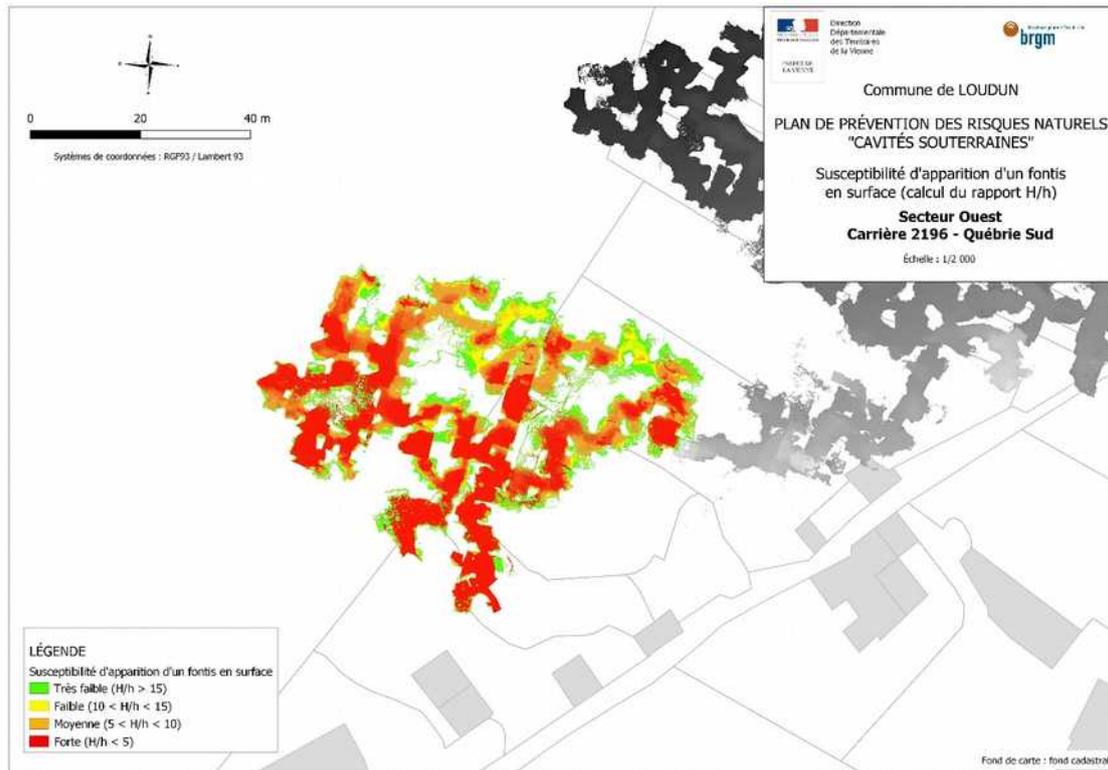


Illustration 38 : cartographie de la susceptibilité d'apparition d'un fontis en surface pour la carrière n°2196 (Québrie-Sud).

### 3.4.1.2. Diamètre du fontis

Le paragraphe précédent a permis de déterminer les secteurs où un fontis est susceptible d'atteindre la surface ou non.

Afin de qualifier la classe d'intensité d'un effondrement localisé, on recherche également à déterminer le diamètre du fontis attendu en surface. Trois classes de diamètre de fontis sont retenues (Tableau 20).

Diamètre	Classe
Diamètre < 3 m	Limitée
3 m < diamètre < 10 m	Modérée
Diamètre > 10 m	Elevée

Tableau 20 : classes de diamètre de fontis dans le cadre d'un effondrement localisé.

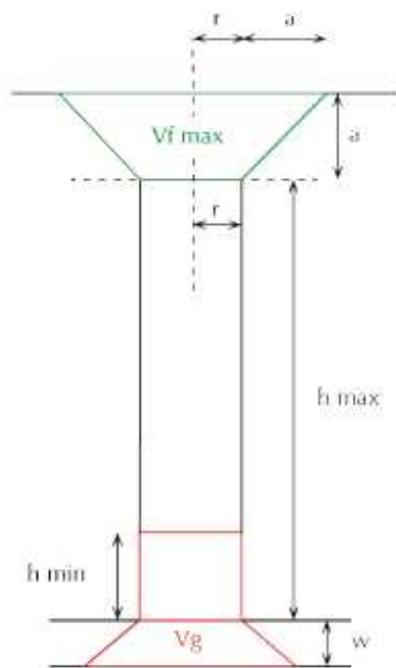
Pour calculer le diamètre du fontis en surface, on cherche à connaître l'épaisseur des terrains de couverture non structurants (qui vont s'effondrer lors de l'apparition du fontis en surface). Les puits observés dans les carrières sont souvent maçonnés en surface. Il est donc difficile d'estimer cette épaisseur. On note cependant qu'elle est globalement assez faible.

En l'absence de données détaillées sur l'épaisseur des terrains de couverture, des hauteurs forfaitaires ont été attribuées selon les secteurs, en tenant compte de la topographie des carrières (variation de l'altitude du sol) et de la profondeur des vides dans chaque carrière.

Les terrains de couverture ont été définis en tenant compte pour les carrières « est » de matériaux de type argiles, marnes, calcaires altérés et pour les carrières « nord-ouest » de matériaux de type sable prédominant.

En plus de l'épaisseur des terrains de surface non cohérents, l'estimation du diamètre d'un fontis pouvant déboucher en surface tient compte de la largeur de la galerie d'où il est issu. Une largeur moyenne de galerie a été attribuée à chaque carrière.

Nous retenons ensuite le fontis maximum qui peut se former en surface lorsque la cheminée atteint les terrains non cohésifs. Dans la configuration la plus pessimiste, nous admettons un angle de talus naturel de 45°. Ainsi, nous assimilons le cratère du fontis à un tronc de forme conique, dont la profondeur est égale à l'épaisseur des terrains meubles de surface et le diamètre à  $[2 \times (r+a)]$ , « r » étant le rayon de la cheminée de remontée de fontis et « a » l'épaisseur des terrains non cohérents de surface.



**Vg** : volume comblé dans la galerie

**Vf max** : volume maximum du fontis en surface

**h min** : hauteur correspond au volume foisonné de la cheminée comblant le volume de vide disponible dans les travaux souterrains. Selon le volume disponible dans la cavité, le fontis en cours peut s'auto-combler sans déboucher en surface.

**h max** : hauteur maximale de remontée du fontis en fonction du foisonnement des matériaux et du volume de vide disponible dans la cavité. Si le volume de vide est suffisant dans la cavité, le fontis débouche en surface (pas d'auto-comblement).

Illustration 39 : modèle utilisé pour déterminer les paramètres du fontis en surface

Ce calcul a été réalisé pour chaque cavité cartographiée, en l'appliquant par secteur homogène en termes de « profondeur du toit ».

#### Carrières à l'est du centre-ville (secteur des Grandes-Caves) :

Carrière	Prof toit min	Prof toit max	Alt. sol	Épaisseur terrains non structurant		Largeur galerie moyenne	Intensité
78	1,60 m	10,50 m	# 97-107 m	1 m jusqu'à 6 m de profondeur	2 m au-delà de 6 m	4,50 m	Modéré / Élevée
95	3,30 m	15,30	# 105-113 m	1 m jusqu'à 8 m de profondeur	2 m au-delà de 8 m	5 m	Modéré / Élevée
99	3,30 m	21,5 m	# 110-115 m	1 m jusqu'à 8 m de profondeur	2 m au-delà de 8 m	5 m	Élevée
104 -1	1,50 m	8,50 m	# 110-115 m	1 m jusqu'à 8 m de profondeur	2 m au-delà de 8 m	6 m	Élevée
104 -2	6 m	18 m	# 110-115 m	2 m sur la totalité		4,50 m	Élevée
105 -1	1,70 m	18 m	# 110-115 m	1 m jusqu'à 8 m de profondeur	2 m au-delà de 6 m	6 m	Élevée
105 -2	11,5 m	19 m	# 110-115 m	2 m sur la totalité		4,50 m	Élevée

**Carrières au nord-ouest du centre-ville (secteur de la Québrie) :**

Carrière	Prof toit min	Prof toit max	Alt. sol	Epaisseur terrains non structurant			Largeur galeries moyenne	Intensité
				2 m jusqu'à 8 m de profondeur	3 m au-delà de 8 m			
1006	3 m	22,50	# 92-103 m	2 m jusqu'à 8 m de profondeur	3 m au-delà de 8 m		4,50 m	Élevée
2196	1,50 m	16 m	# 87-97 m	1 m jusqu'à 3 m de profondeur	2 m jusqu'à 8 m de profondeur	3 m au-delà de 8 m	4,50 m	Élevée

Tableau 21 : évaluation de l'intensité liée au diamètre prévisible d'un effondrement localisé.

**3.4.1.3. Détermination de l'intensité**

**3.4.1.3.1. Intensité des fontis**

L'évaluation de l'intensité s'effectue ensuite en croisant le paramètre de susceptibilité de remontée au jour du fontis (variable H/h) et le diamètre attendu du fontis.

Classes d'Intensité		Susceptibilité d'apparition d'un fontis en surface			
		Très faible	Faible	Moyenne	Forte
Diamètre	Diam < 3 m	Très limitée	Très limitée	Limitée	Modérée
	3 m < Diam < 10 m	Très limitée	Limitée	Modérée	Modérée
	Diam > 10 m	Très limitée	Limitée	Modérée	Élevée

Tableau 22 : matrice de détermination de l'Intensité de l'effondrement localisé pour les carrières en périphérie de Loudun

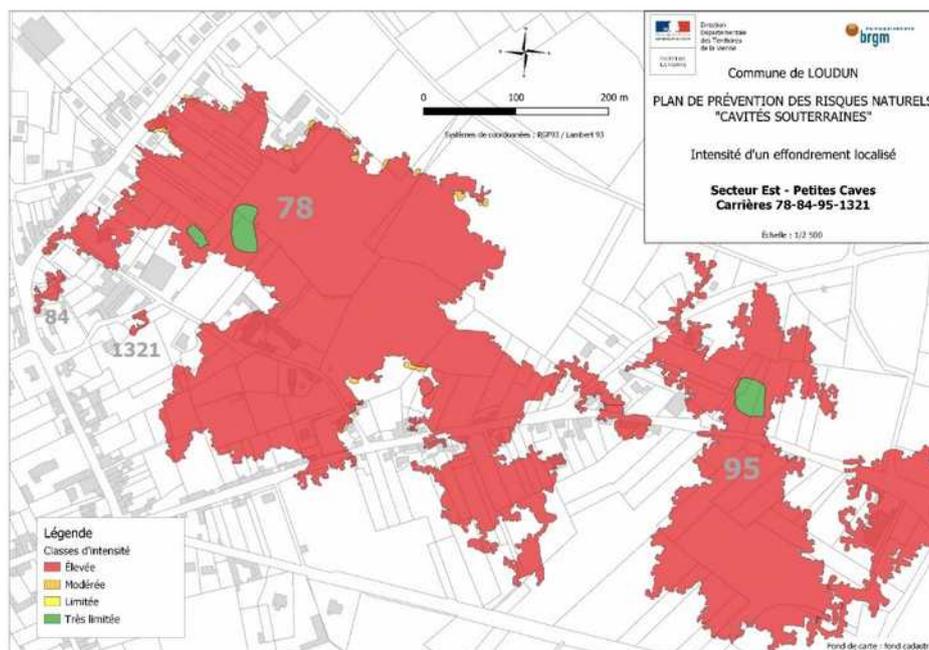


Illustration 40 : cartographie de l'intensité « effondrement localisé » pour les carrières n°78, 84, 95 1321

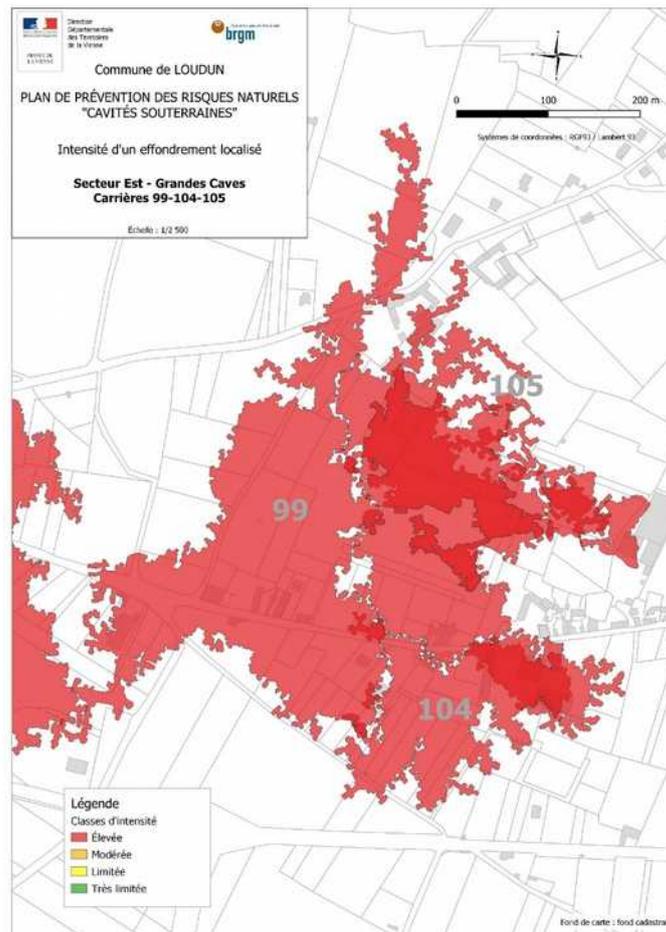


Illustration 41 : cartographie de l'intensité « effondrement localisé » pour les carrières n°99, 104 et 105.

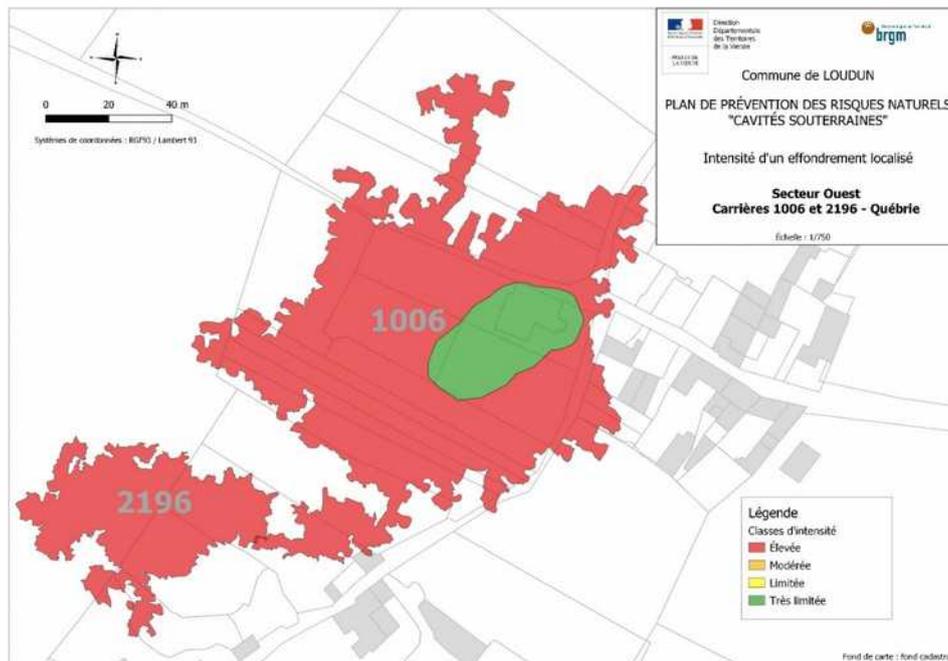


Illustration 42 : cartographie de l'intensité « effondrement localisé » pour les carrières n°1006 et 2196.

### 3.4.1.3.2. Intensité des zones concernées par des puits

L'intensité des zones proches des puits est considérée comme maximale compte tenu de leur dimension et de l'absence de matériaux pouvant foisonner (puits non remblayés). Étant donné que l'intensité des carrières concernées par des puits est déjà maximale, il n'a pas été ajouté de zonage spécifique aux puits.

### 3.4.2. Intensité de l'aléa tassement résiduel

Dans les zones où des effondrements ont déjà eu lieu, il ne peut plus y avoir d'aléa d'effondrement localisé (terrain déjà effondré). On considère plutôt l'existence d'un aléa de tassement des matériaux effondrés. Le niveau de l'intensité est limité.

Ce type d'aléa ne menace a priori pas de ruine les éventuels ouvrages concernés, existants ou futurs, cependant il devra être pris en compte lors de tout projet de construction.

## 3.5. Qualification des niveaux d'aléa

### 3.5.1. Niveaux d'aléa d'effondrement localisé des carrières périphériques

La caractérisation de l'aléa d'effondrement localisé se fait par croisement entre la probabilité d'occurrence et l'intensité. Quatre niveaux d'aléa sont définis (très fort, fort, moyen et faible) en se référant à la grille de croisement du Tableau 23.

Prédisposition à la rupture	Peu sensible	Sensible	Très sensible
Intensité			
<b>Très limitée</b> ( $H/h > 15$ ; affaissements et effondrements auto-remblayés)	Faible	Faible	Moyen
<b>Limitée</b> ( $10 < h/h < 15$ ; affaissements nets et petits fontis)	Faible	Moyen	Moyen
<b>Modérée</b> ( $5 < H:h < 10$ ; effondrements localisés)	Moyen	Moyen	Fort
<b>Elevée à Très élevée</b> ( $H/h < 5$ ; fontis importants)	Moyen	Fort	Très fort

Tableau 23 : matrice de l'aléa « Effondrement localisé » pour les carrières périphériques selon les recommandations du Ministère.

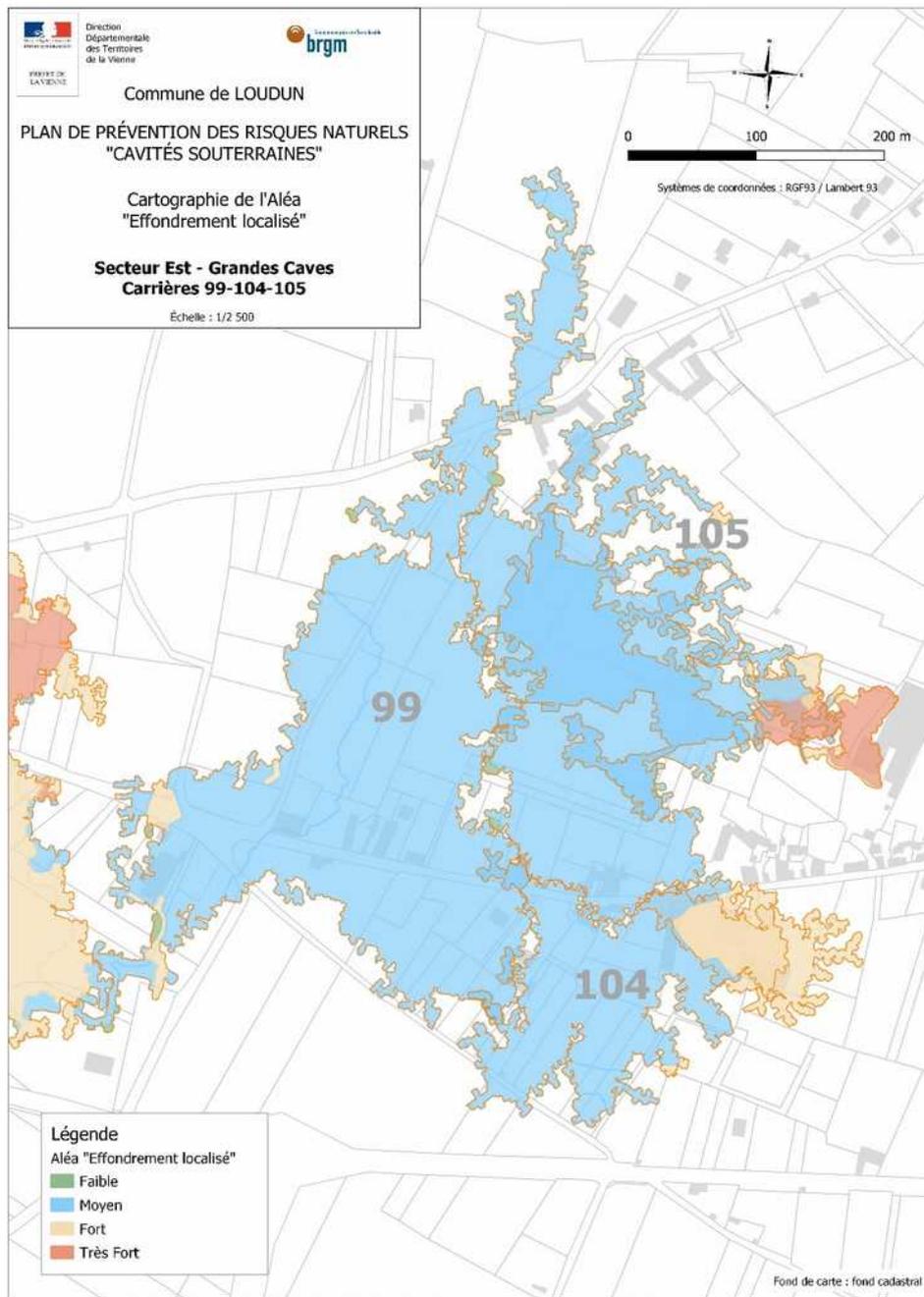


Illustration 43 : cartographie de l'aléa « effondrement localisé » pour les carrières n°99, 104 et 105.

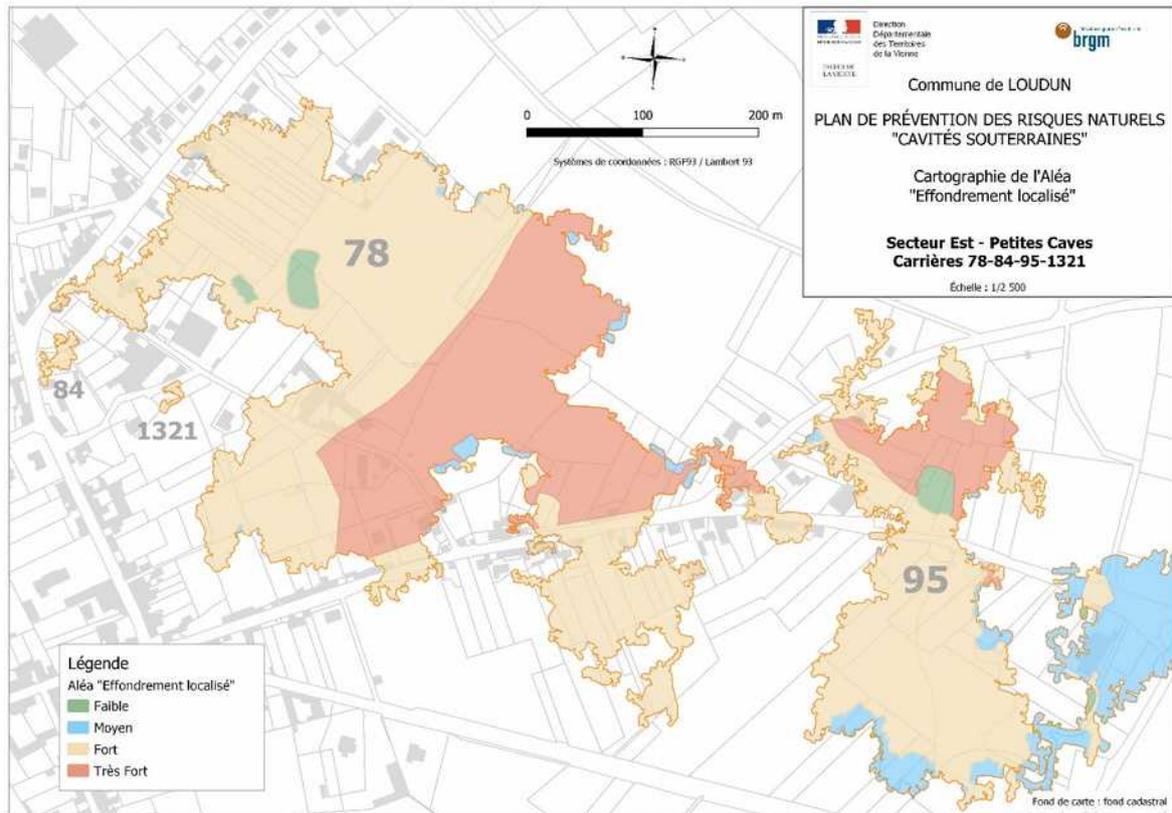


Illustration 44 : cartographie de l'aléa « effondrement localisé » pour les carrières n°78, 84, 95 et 1321.

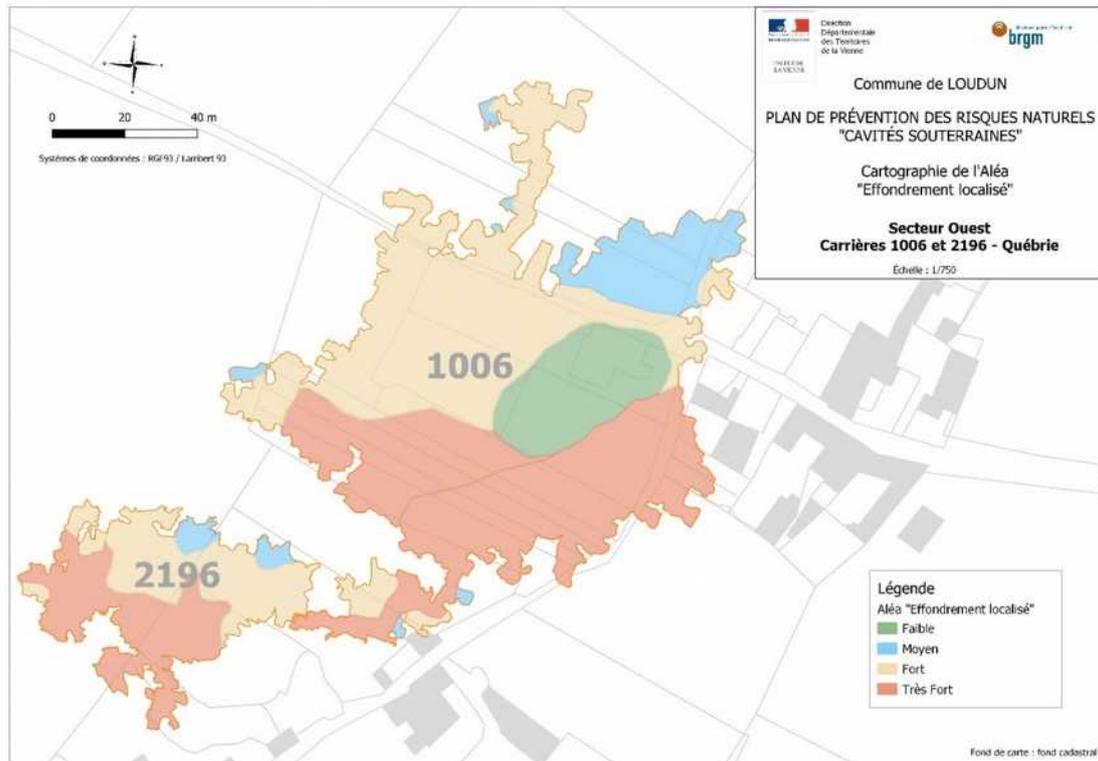


Illustration 45 : cartographie de l'aléa « effondrement localisé » pour les carrières n°1006 et 2196 (Québrie Sud et Chapelle Souterraine).

### 3.5.2. Niveaux d'aléa d'effondrement localisé des carrières du centre-ville et de sa périphérie proche

Pour les cavités du centre-ville et de sa périphérie proche, la qualification de l'aléa correspond à la présomption de présence de vides. L'intensité est toujours qualifiée de limitée (diamètre < 3 m) du fait de la géométrie et de la faible extension de ces cavités.

Aléa	Critères
Faible	<p><b>Présence de cavité très peu probable :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Géologie peu ou pas compatible avec le creusement de cavités (marnes, nappe peu profonde).</li> <li>Pas de cavité mentionnées dans le secteur lors des inventaires effectués.</li> </ul>
Moyen	<p><b>Présence de cavité probable mais non confirmée par les visites :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Contexte favorable au creusement dans le secteur/la rue par la géologie et la géographie.</li> <li>Pas d'indice mentionné mais présence de cavités dans un environnement proche.</li> </ul>
Fort	<p><b>Présence de cavité très probable voire certaine :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cavité visitée et cartographiée ou entrée de cavité observée ou indiquée).</li> <li>Pas d'indice de cavité relevée à cet emplacement mais présence de cavités dans un secteur proche.</li> </ul>

Tableau 24 : matrice de l'aléa « Effondrement localisé » pour les caves du centre-ville et sa périphérie.

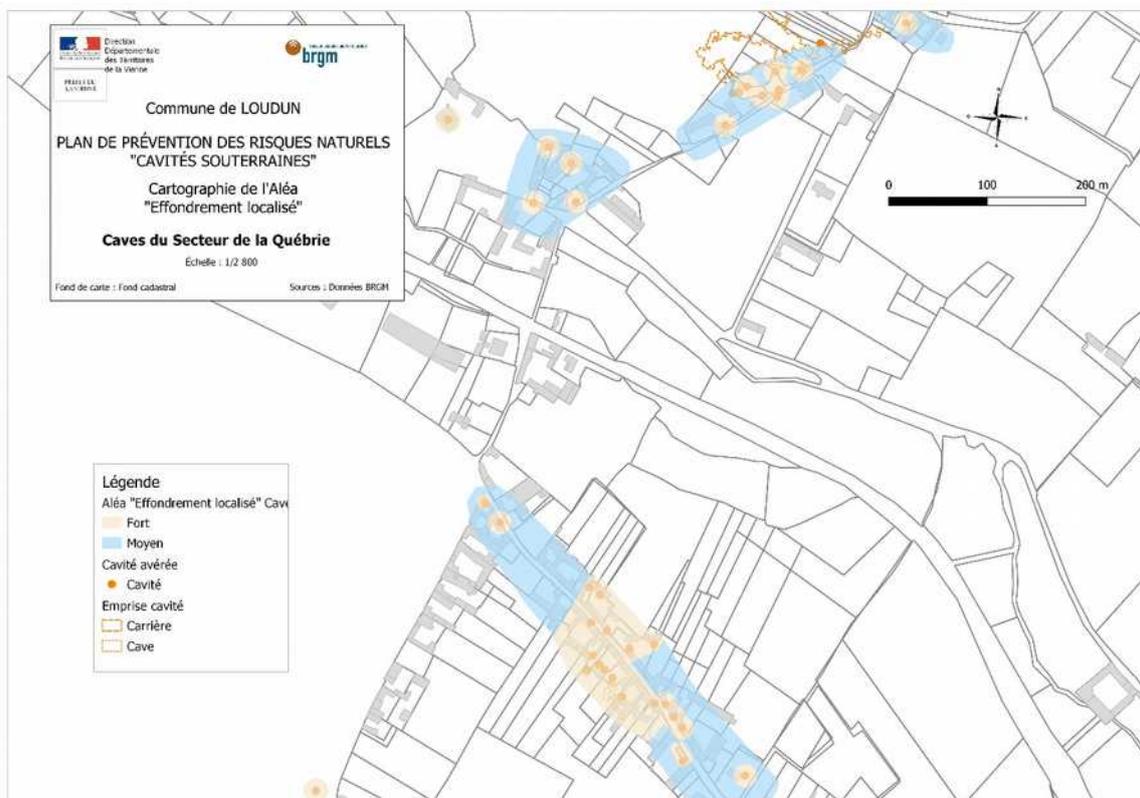


Illustration 46 : cartographie de l'aléa « effondrement localisé » pour les caves des secteurs de Niré-le-Dolent et de La Québrie .

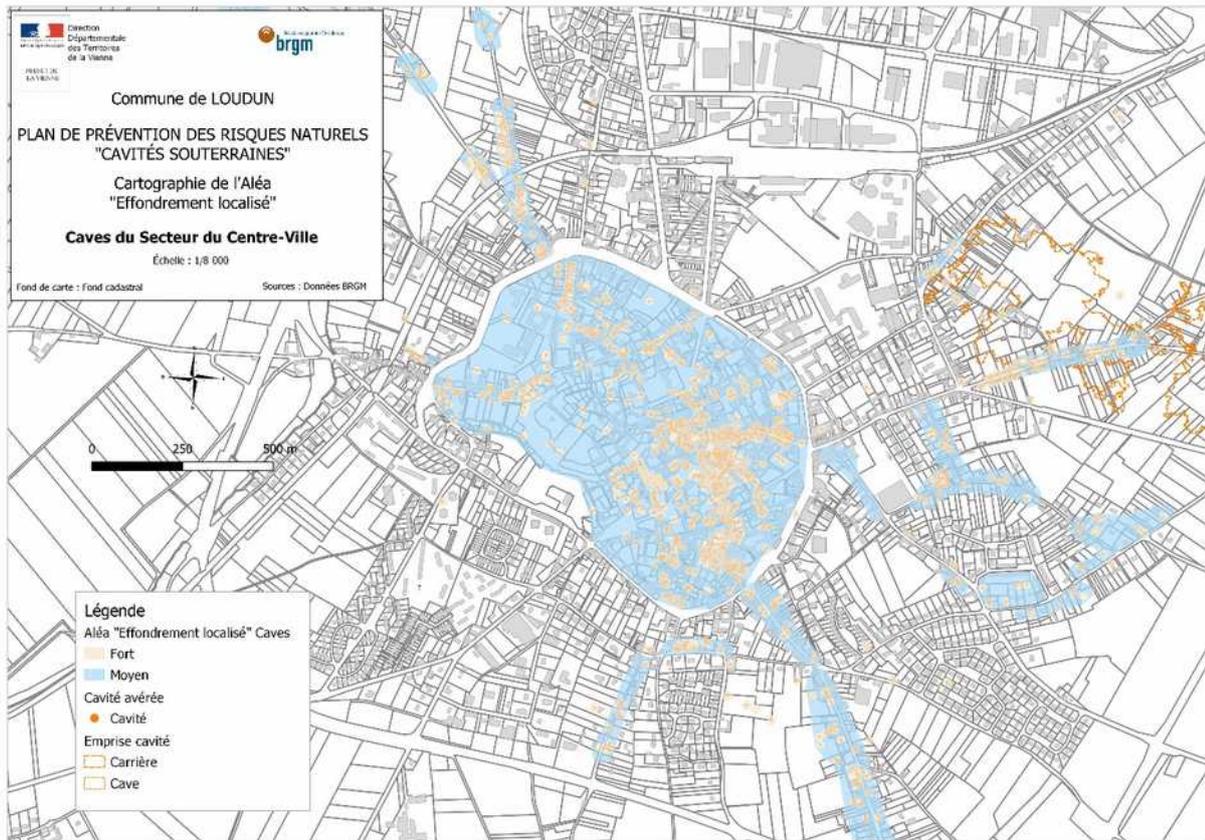


Illustration 47 : cartographie de l'aléa « effondrement localisé » pour les caves du centre-ville et de sa périphérie proche.

### 3.5.3. Niveaux d'aléa de tassement résiduel

Un aléa particulier de tassement résiduel est affiché au droit des effondrements déjà survenus. Rappelons que dans ces secteurs, les aléas d'affaissement ou d'effondrement localisé sont écartés, puisque des mouvements de terrain se sont déjà produits en faisant disparaître les zones de vide existantes.

Même si ces anciens effondrements ont pour la plupart plus d'un 1/2 siècle et qu'il n'y a pas d'indice (ou de témoignage) de remise en mouvement récent, un aléa mouvement de terrain lié au réarrangement des matériaux effondrés (équivalent à du tassement) subsiste. Ces mouvements de terrain résiduels ne menacent a priori pas de ruine les éventuels ouvrages existants ou ceux futurs, mais ils devront être pris en compte lors de tout projet de construction.

Ce type d'aléa est affiché localement au niveau des grandes carrières périphériques n°78, 84, 99, 95, 104, 105 et 1321. Il est systématiquement de niveau faible, du fait de l'intensité limitée des phénomènes à attendre (Cf chapitre § 3.4.2).

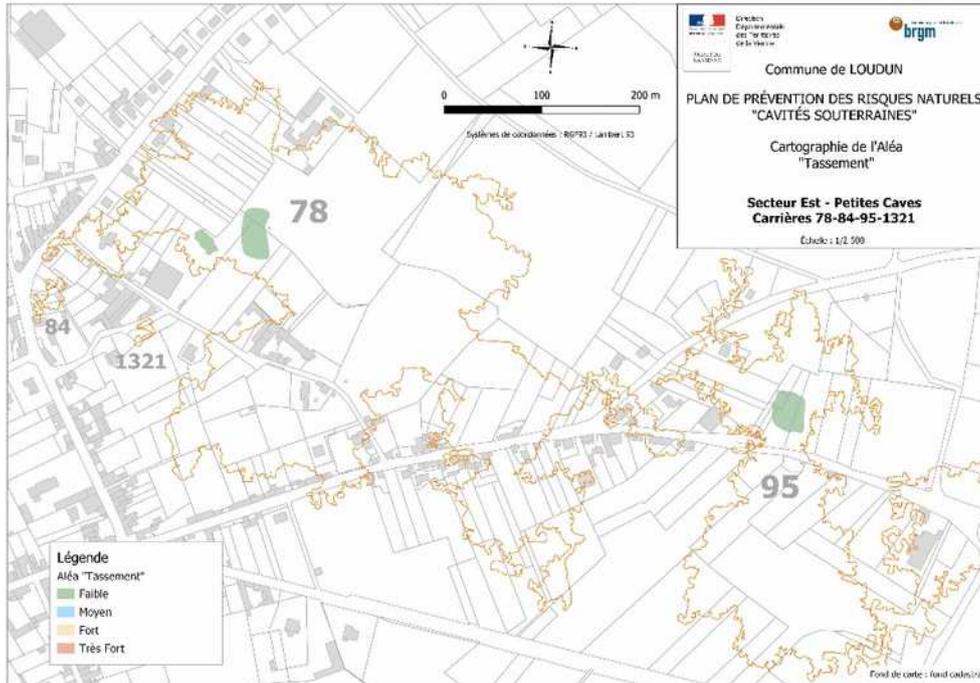


Illustration 48 : aléa « tassement résiduel » au niveau des carrières périphériques n°78, 84, 95 et 1321.

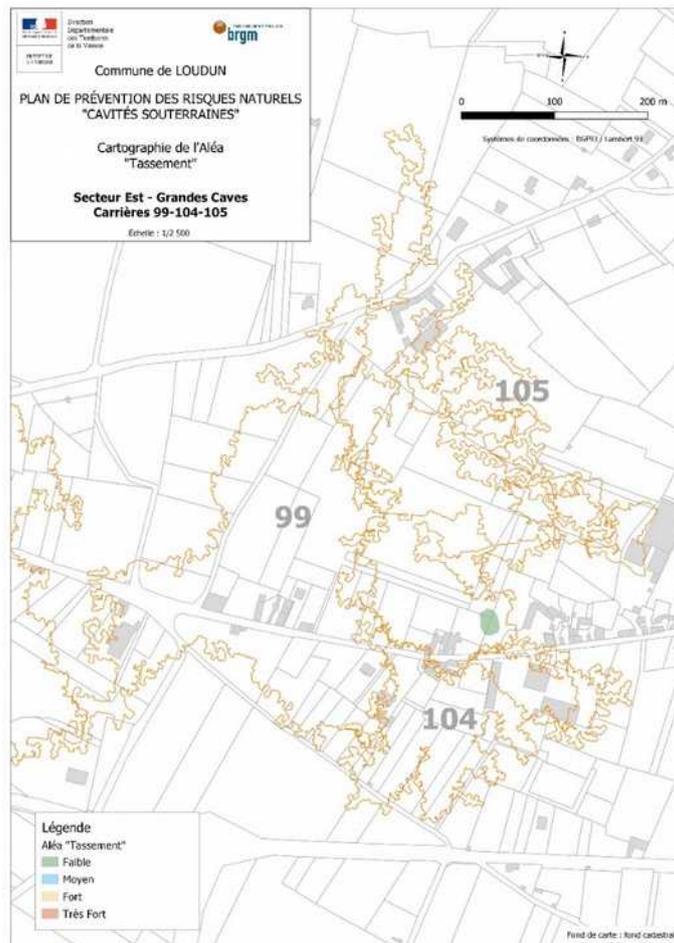


Illustration 49 : aléa « tassement résiduel » au niveau des carrières périphériques n°99, 104 et 105.

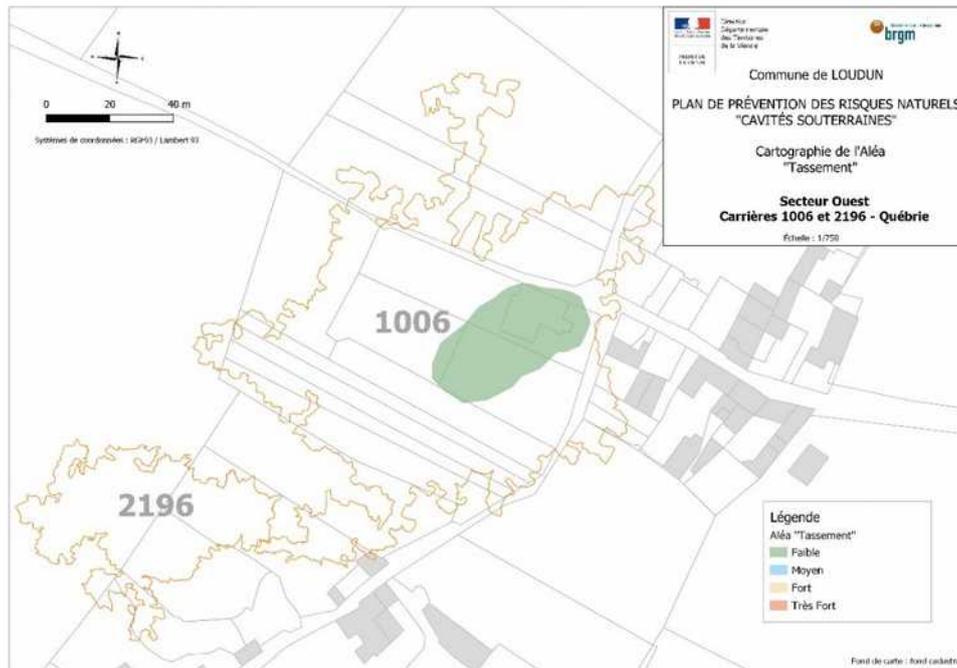


Illustration 50 : aléa « tassement résiduel » au niveau des carrières périphériques n°1006 et 2196 (Québrie Sud et Chapelle Souterraine).

### 3.6. Représentation cartographique de l'aléa

L'aléa est représenté en appliquant une marge supplémentaire de sécurité autour des cavités cartographiées. L'ajout de cette bande d'aléa périphérique a deux objectifs :

- prendre en compte les incertitudes liées aux contours des vides souterrains, à leur positionnement par rapport à la surface et à leur report cartographique (marge d'incertitude) ;
- tenir compte de possibles extensions latérales des désordres à l'aplomb des bordures de cavité, en cas d'influence périphérique des effondrements, de remontée de fontis non verticale, etc. (marge de reculement).

Cette marge de sécurité varie selon les cavités étudiées. Elle correspond au cumul de la marge d'incertitude et de la marge de reculement.

#### 3.6.1. Marge d'incertitude

Elle s'explique par l'incertitude liée au rattachement des levés, au calage des plans ou à la présence possible d'extensions de vide.

On affecte à cette marge d'incertitude le même niveau d'aléa que celui qualifiant la cavité à laquelle elle s'applique.

##### 3.6.1.1. Cavités levées au laser 3D Zeb-Revo

Le laser 3D Zeb-Revo permet d'effectuer un levé avec une précision d'ordre centimétrique. Cependant, au vu des superficies des carrières levées, une vérification des erreurs de calage doit être effectuée.

À l'est du centre-ville de Loudun (secteur des Grandes-Caves), la position des puits cartographiés depuis l'intérieur des carrières a été comparée avec leur position visible sur fond orthophotographique. Un décalage maximum de 6 m a été mis en évidence pour 2 puits. Cependant, au vu de la précision de la technique utilisée, il est trop sécuritaire d'appliquer une marge de 6 m sur la totalité des levés. Cette marge sécuritaire a donc été adaptée en l'ajustant au contexte des carrières.

**Une marge d'incertitude minimale de 2 mètres** a ainsi été appliquée sur l'ensemble des levés des carrières situées à l'est du centre-ville de Loudun, dont la superficie varie de 1 à 12,5 ha. Les levés de ces grandes carrières ne peuvent se reboucher que de proche en proche depuis les entrées principales qui sont généralement distantes de plusieurs centaines de mètres du fond des carrières (partie les plus éloignées des entrées de carrières). Du fait de cette distance séparant les entrées du fond des carrières, et compte-tenu de la complexité du périmètre des carrières, plus on s'éloigne des entrées plus on risque d'accumuler des erreurs de calage topographique en assemblant les levés entre eux. La largeur minimale de marge d'incertitude de 2 mètres a donc été ajustée jusqu'à 6 m est dans les secteurs les plus éloignés des entrées.

Concernant les plus petites carrières levées au laser 3D Zeb-Revo à l'est du centre-ville, une **marge de 0,50 m** a été appliquée. La qualité du levé et les dimensions des cavités sont telles que l'erreur prise en compte est moindre.

Pour les carrières du quartier de la Chapelle-Souterraine (hameau de Québrie), une **marge de 1 m** a été appliquée. Elle correspond au décalage entre le puits le plus éloigné de l'entrée vu sur orthophotographie et sa position sur les levés 3D Zeb-Revo.

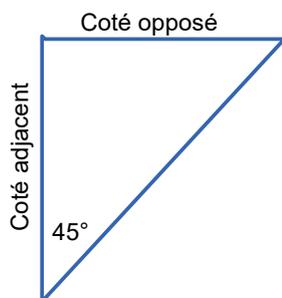
### 3.6.1.2. Cavités non levées au laser 3D Zeb-Revo

Pour les caves « du centre-ville » et de sa périphérie proche, **une marge de 3 m est appliquée** au vu des dimensions des cavités et des techniques employées pour effectuer les levés (distance-mètre laser et boussole).

### 3.6.2. Marge de reculement

Les instabilités ne se limitent pas à l'aplomb strict des secteurs anciennement exploités. Certaines parcelles non sous-cavées mais situées en périphérie peuvent être affectées soit par des désordres francs, soit par des décompressions de terrains (influence périphérique de l'aléa). Cette prise en compte est obligatoire.

L'estimation de cette marge de reculement tient compte d'une épaisseur de terrain superficiel non cohérent de 2 m qui pourrait avoir un angle de talus naturel de 45° (hypothèse pessimiste) en cas d'éboulement. C'est donc un **report de 2 m** qu'il faut prendre en compte latéralement sur l'ensemble des cavités de Loudun (règle trigonométrique selon l'illustration 51) :



$$\text{Tg}(45^\circ) = \text{coté opposé} / \text{coté adjacent}$$

$$\text{Coté opposé} = \text{tg } \alpha \times \text{coté adjacent}$$

- Coté adjacent = profondeur (P) de terrain meuble

- Coté opposé = largeur (L) de la bande de reculement

$$-\text{Tg}(45^\circ) = 1$$

Illustration 51: calcul de la valeur de la marge de reculement.

Le croquis suivant schématise l'application de cette marge de reculement.

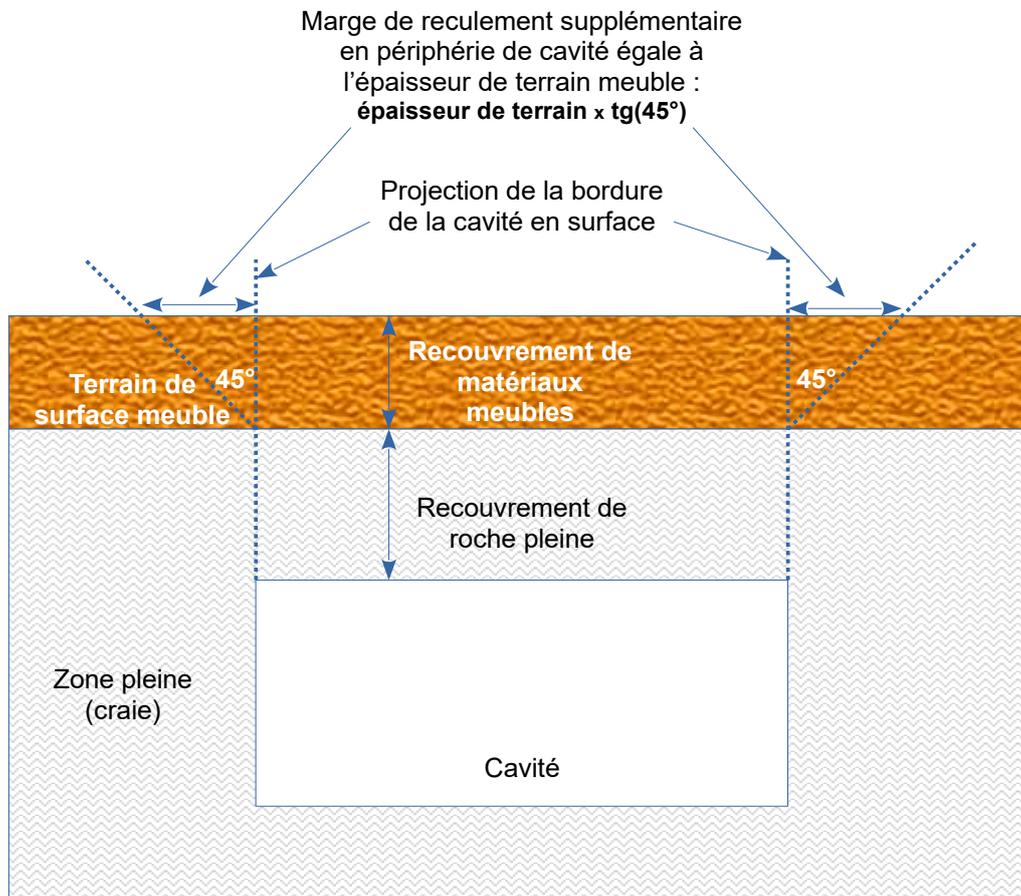


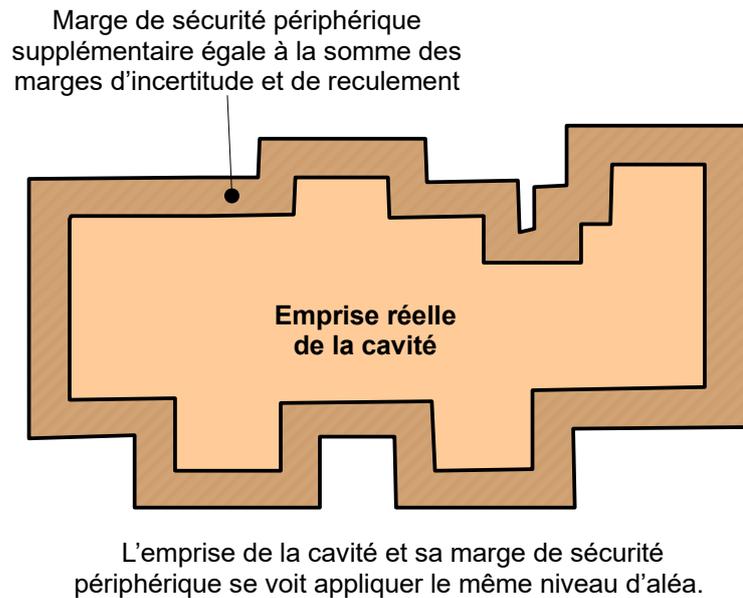
Illustration 52: application de la marge de reculement.

### 3.6.3. Marge de sécurité

La marge de sécurité totale correspond à la somme des marges d'incertitude et de reculement. Elle varie en fonction des types de cavité. Elle atteint les largeurs suivantes :

- **Pour les grandes carrières périphériques** à l'est du centre-ville levées au laser 3D Zeb-Revo : entre 4 mètres et ponctuellement 8 mètres en fonction de la dimension de la carrière ;
- **Pour les petites carrières périphériques** levées au laser 3D Zeb-Revo : 2,5 mètres ;
- **Pour les carrières de la Québrie** levées au laser 3D Zeb-Revo : 3 mètres ;
- **Pour les caves du centre-ville et de sa périphérie proche** : 5 mètres.

L'illustration suivante schématise la représentation cartographique de l'aléa tenant compte d'une marge de sécurité périphérique supplémentaire. L'enveloppe de l'aléa est ainsi plus large que l'emprise réelle des cavités.



*Illustration 53: représentation cartographique de l'aléa avec prise en compte d'une marge de sécurité périphérique.*

## 4 Principaux enjeux de la commune et vulnérabilité

Le guide méthodologique « plan de prévention des risques naturels cavités souterraines abandonnées » (MEDDE - 2012) définit les enjeux sous la forme suivante : « on désigne par enjeux d'un territoire, les personnes, biens et activités présents sur la zone étudiée, susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel et de subir des dommages ou des préjudices ».

Les enjeux communaux sont identifiés dans le but de dresser un état des lieux actuel de l'occupation et de l'utilisation du sol et de cerner les projets d'aménagement futur qui pourraient être programmés (identification des enjeux existants et des enjeux futurs). Ils sont cartographiés sur un troisième document technique, les deux premiers étant la carte informative des phénomènes et la carte des aléas. Précisons que la carte des enjeux réalisée dans le cadre du PPRN ne se substitue pas au PLU de la commune. Il s'agit d'un document spécifique au PPRN, réalisé uniquement pour les besoins de celui-ci.

Cette étape revêt une grande importance, car elle permet de faire ressortir les biens vulnérables aux phénomènes naturels, donc exposés aux risques de mouvements de terrain, en superposant la carte des aléas et la carte des enjeux. Ce croisement d'informations permet également d'établir la carte de zonage réglementaire.

### 4.1. Évaluation des enjeux

Les enjeux communaux ont été identifiés à partir de plusieurs sources d'information :

- bases de données cadastrales, la BD parcellaire ;

- photographies aériennes, le scan 25 ;
- BD Topo ;
- autres bases de données produites par l'IGN ou la DDT86 ;
- PLU de Loudun (arrêté en avril 2017) ;
- liste des projets fournis par la commune de Loudun ;
- visites de terrains.

Plusieurs grandes classes d'enjeux ont été retenues et cartographiées à partir des éléments recueillis lors de cet inventaire :

- espace urbanisé, habitat dense, centre historique ;
- espace urbanisé, habitat peu dense et hameau ;
- zone de projet d'urbanisation future ;
- espace économique, activité commerciale et artisanale ;
- zone de projet d'activité future ;
- complexe sportif, parc, camping, aérodrome ;
- aire d'accueil des gens du voyage ;
- zone naturelle ;
- zone à dominante agricole.

D'autres informations telles que les voies de communication, les réseaux secs et humides, les ERP, etc. ont été collectées, mais non représentées sur la carte des enjeux pour ne pas surcharger inutilement le document et le rendre illisible. Ces autres informations sont stockées par ailleurs et disponibles sous forme SIG.

Ajoutons que la population est intégrée indirectement à la vulnérabilité par le biais de l'urbanisation. La présence de personnes « isolées » (randonneurs, etc.) dans une zone exposée à un aléa ne constitue pas un enjeu au sens de ce PPR.

La carte des enjeux a été dressée sur l'ensemble du territoire communal, y compris ou la présence d'éventuelles cavités relève d'un caractère de présomption « improbable » (secteurs couverts par un aléa faible d'effondrement généralisé). Cela permet d'avoir une vision globale de l'organisation de la commune en se rendant compte de la portée possible des mouvements de terrain au-delà des secteurs directement exposés au risque et de se faire une idée sur les perturbations que pourrait subir le territoire en cas de survenance de phénomène.

## 4.2. Vulnérabilité

Un enjeu exposé à un aléa est un bien vulnérable au phénomène générant l'aléa. La vulnérabilité ressort en superposant les aléas aux enjeux, selon le même principe de croisement cartographique d'élaboration du zonage réglementaire du PPRN. C'est au niveau des enjeux ainsi vulnérables que le PPRN s'attache à apporter une réponse réglementaire adaptée aux aléas de mouvements de terrain identifiés.

Les secteurs à enjeux vulnérables sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

<i>Aléa (type et niveau d'importance)</i>	<i>Secteur</i>	<i>Description</i>
<i>Effondrement</i>	<i>Quartier des</i>	<i>Ce secteur se situe à l'est de l'agglomération de Loudun. Il</i>

<b>Aléa (type et niveau d'importance)</b>	<b>Secteur</b>	<b>Description</b>
<p><i>localisé de niveaux très fort, fort, moyen et faible</i></p> <p><i>Effondrement localisé de niveaux moyen et fort, lié à une présomption de présence de cavités</i></p>	Grandes-Caves	<p><i>comprend plusieurs très grandes carrières et cavités de taille restreintes qui s'étendent du sud au nord entre la RD 61 et la route de Velor / les Fauvettes et de l'est à l'ouest entre le Haut-Velor et la RD 759.</i></p> <p><i>Ces carrières impactent les routes des Grandes-Caves, des Justices, des Petites-Caves, de Velor et des Fauvettes, ainsi que la RD 759.</i></p> <p><i>Plusieurs propriétés bâties (quelques dizaines) situées le long de ces routes sont également concernées par ces grandes carrières.</i></p> <p><i>Des caves et petites cavités sont également signalées dans ce secteur, en particulier le long de la RD 759 et de la route des Petites-Caves. Elles génèrent un aléa, dans la continuité des grandes carrières, qui englobe plusieurs autres propriétés.</i></p>
<p><i>Effondrement localisé de niveaux très fort, fort, moyen et faible</i></p> <p><i>Effondrement localisé de niveaux moyen et fort, lié à une présomption de présence de cavités</i></p>	Hameau de La Québrie	<p><i>Deux carrières d'extension de moyenne importance s'étendent au nord-ouest de la rue de la Chapelle-Souterraine. L'une sous-cave cette route et s'approche en bordure d'une habitation, en empiétant en partie sous son terrain. Rappelons que dans ce quartier un effondrement de terrain a entraîné la ruine d'une maison en 1981.</i></p> <p><i>Des caves et petites cavités sont également signalées le long de la rue de la Chapelle-Souterraine. Elles génèrent un aléa qui s'étend sous plus d'une dizaine de propriétés bâties.</i></p>
<p><i>Effondrement localisé de niveaux moyen et fort, lié à une présomption de présence de cavités</i></p>	Centre-ville et périphérie proche	<p><i>De très nombreuses caves et petites cavités ont été inventoriées en centre-ville et dans certains quartiers périphériques. Elles entraînent l'affichage d'un aléa moyen à fort sur quasiment la totalité du centre-ville compris à l'intérieur du boulevard périphérique formé par les RD 147, 61b et 759.</i></p> <p><i>À l'extérieur du centre-ville historique, plusieurs quartiers sont concernés par cette même présence de caves et de petites cavités. C'est notamment le cas le long des axes de circulation suivants :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>• Au sud-est du centre-ville : rue des Epinettes, rue de la Croix-peinte, RD 147 (faubourg Saint-Lazare), RD 14, rue des Treize-Portes, rue du Colombier-l'Abbé, rue du Luxembourg, rue du Bouripe.</i></li> <li><i>• Au nord du centre-ville : rue des Fontaines-Blanches, rue des Quatre-Croix, rue du Grand-Champ (présence très marginale dans cette rue).</i></li> </ul>
<p><i>Effondrement localisé de niveaux moyen et fort, lié à une présomption de présence de cavités</i></p>	Hameau de Niré-le-Dolent	<p><i>Plusieurs caves et petites cavités ont été inventoriées le long de la rue de Maisonneuve. Leur présence se traduit par l'affichage d'aléa sous une majeure partie des propriétés situées le long de cette route.</i></p>

Tableau 25 : enjeux vulnérables

Il est à noter qu'en dehors des enjeux vulnérables énumérés dans le tableau 25 le reste de la commune s'est vu afficher un aléa faible d'effondrement localisé lié à une présomption de présence de cavités qualifiée d'improbable. Les enjeux concernés par cet aléa particulier ne peuvent pas être considérés vulnérables aux phénomènes localisés, comme le sont ceux énumérés dans le tableau 25, compte tenu du caractère improbable de la présomption de présence de cavité.

Précisons pour ces secteurs, que le qualificatif « improbable » ne permet pas d'exclure catégoriquement la présence de cavité sans investigation de terrain spécifique (investigations généralement à la parcelle), d'où l'application d'un aléa faible d'effondrement invitant les aménageurs à la prudence.

## 5 Volet réglementaire

### 5.1. Traduction des aléas en zonage réglementaire

Le plan de zonage réglementaire résulte du croisement de la carte des aléas et de la carte des enjeux. Il correspond à la traduction réglementaire des aléas. Il définit des zones inconstructibles dites **zones rouges R** et des zones constructibles mais soumises à prescriptions dites **zones bleues B**.

Le caractère constructible ou inconstructible d'un terrain est établie en fonction du type d'enjeu présent constaté, du type de phénomène naturel identifié et du niveau d'importance des phénomènes naturels retenus en l'état de la connaissance (niveau d'aléa).

Dans la mesure du possible, la carte de zonage réglementaire tient compte des biens existants, afin de permettre dans les meilleures conditions possibles leur maintien sur place et une poursuite du développement des quartiers qui les accueillent. À l'inverse, elle cherche à éviter toute nouvelle situation de risque en limitant les nouvelles implantations dans des secteurs dépourvus d'enjeux et très exposés aux aléas de mouvements de terrain. Pour cette raison, à niveau d'aléa égal, un secteur déjà urbanisé peut être traduit en zone bleue et un secteur non bâti peut être traduit en zone rouge.

Pour information, les zones sans aléa sont laissées blanches au zonage réglementaire (zones dites blanches). Elles ne sont pas réglementées au titre du PPRN mais restent soumises aux autres réglementations en vigueur (PLU notamment). Ce cas de figure ne se rencontre pas sur Loudun, puisque la totalité du territoire est concernée par de l'aléa à des niveaux divers (affichage d'un aléa faible d'effondrement en dehors des zones d'aléas très fort, fort et moyen, lié à une présomption improbable de présence de cavités généralisée au territoire).

Le plan de zonage réglementaire représente la pièce cartographique opposable du PPRN. Il délimite l'emprise des zones soumises à une réglementation.

Le tableau suivant présente les règles de traduction réglementaire de l'aléa appliquées au territoire de Loudun.

Type aléa		Type d'enjeux		
Phénomène	Niveau aléa	Urbanisation dense, centre-ville	Autres zones urbanisées	Zones non urbanisées
Effondrement localisé	Très fort	-	R	R
Effondrement localisé	Fort	-	R	R
Effondrement localisé	Moyen	-	R	R
Effondrement localisé	Faible	-	-	R
Tassement résiduel	Faible	-	-	R
Présomption effondrement localisé	Fort	B1	B1	R
Présomption effondrement localisé	Moyen	B1	B1	B1
Présomption effondrement localisé	Faible	B2	B2	B2

Tableau 26 : grille de traduction réglementaire de l'aléa en fonction des enjeux.

## 5.2. Le règlement du PPRN

Le règlement accompagne le zonage réglementaire en détaillant les interdictions et les autorisations s'appliquant à chaque type de zone réglementaire. Il représente la pièce écrite opposable du PPRN. Le zonage réglementaire et le règlement sont indissociables. Le zonage réglementaire permet d'identifier dans quel type de zone réglementaire se situent les projets et le règlement permet de connaître la réglementation qui s'y applique.

Les autorisations accordées par le règlement sont généralement assorties de prescriptions qui correspondent aux conditions de réalisation des projets. Les prescriptions sont adaptées à chaque type de phénomènes. Il s'agit de mesures obligatoires destinées à prévenir la survenance des phénomènes, donc à protéger les biens et les équipements et indirectement les occupants des biens et les utilisateurs d'équipements. Les interdictions et les prescriptions fixées par le règlement du PPRN sont à respecter sous peine de sanctions (voir le chapitre 1.1.5 Portée du PPRN du présent rapport et le **chapitre 1.6. Infractions** du règlement).

Les prescriptions peuvent être d'ordre individuel ou collectif et peuvent porter sur les biens existants et sur les projets futurs. En règle générale :

- les prescriptions individuelles s'appliquent à des projets dont la mise en sécurité peut se faire à partir de mesures prise à l'échelle de la parcelle (pas besoin d'intervenir au-delà de la parcelle du projet) ;

- les prescriptions collectives s'appliquent lorsque les mesures à prendre dépassent le cadre de la parcelle, comme la protection d'un quartier entier, ou parce qu'elles s'appliquent à des infrastructures de grande échelle tels que des réseaux, etc. ;
- les prescriptions portant sur les biens existants sont définies pour corriger des aménagements et / ou des conceptions techniques incompatibles avec les phénomènes naturels identifiés, qui pourraient aggraver l'aléa (par exemple les systèmes d'infiltration d'eau dans les zones d'aléa de mouvements de terrain). Elles sont généralement établies avec un délai maximal pour procéder aux travaux correspondant ;
- les prescriptions portant sur les projets futurs sont à appliquer au moment de la réalisation des projets : réalisation des études techniques demandées avant le dépôt des permis de construire de sorte que les projets soient adaptés aux aléas présents, respect des directives techniques fixées par les études et des autres prescriptions techniques du règlement durant la réalisation des travaux, etc.

Des recommandations peuvent également être formulées par le règlement. Il s'agit alors de mesures de bon sens dont la mise en œuvre n'est pas obligatoire. Il est uniquement conseillé de les respecter.