

Vu pour être annexé
à l'arrêté de ce jour.

LAON, le **13 JUIN 2001**
Pour la Préfet et par délégation
Le Préfet de l'Aisne
l'Attaché

Chef du S.I./C.E.D.P.C.



Liberté - Égalité - Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFECTURE DE L' AISNE

PLAN de PREVENTION des

Thierry JOHNSON

RISQUES liés aux Mouvements de terrain

VILLE DE LAON

RAPPORT DE PRESENTATION



Direction Départementale de l'Équipement de l'Aisne
Service Urbanisme et Habitat
Unité Urbanisme Environnement Electricité

PREFECTURE DE L' AISNE

VILLE DE LAON

**PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS
PREVISIBLES (PPR) DE MOUVEMENTS DE TERRAIN
SUR LA COMMUNE DE LAON (02)**

RAPPORT DE PRESENTATION

MAI 2001

AVERTISSEMENT

Le présent projet de PPR ne prend en compte que les risques de mouvements de terrain relatifs :

- aux affaissements et effondrements liés à la présence d'anciennes exploitations souterraines ;
- aux glissements de terrain le long des pentes de la butte ;
- aux écroulements de fronts rocheux et de remparts ;
- aux ravinements de matériaux le long d'une pente, sous l'effet de précipitations violentes et abondantes.

Il n'intègre donc pas les mouvements de terrain d'autre nature tels que ceux qui seraient induits par un séisme par exemple.

SOMMAIRE

1. ORIGINES ET CONTEXTE REGLEMENTAIRE	4
1.1 OBJET ET CHAMP D'APPLICATION D'UN PLAN DE PRÉVENTION DES RISQUES	4
1.2 PROCÉDURE D'ÉLABORATION ET CONTENU	4
1.3 MOTIVATION DU PPR DE LA COMMUNE DE LAON	5
2. ANALYSE INFORMATIVE	8
2.1 TOPOGRAPHIE ET GÉOLOGIE GÉNÉRALE DU SITE	8
2.2 HYDROGÉOLOGIE	11
2.3 LES FORMATIONS DE PENTE	12
2.3.1 <i>Les terrains en sommet - Les promenades</i>	12
2.3.2 <i>Les pentes à flanc de coteau</i>	12
2.4 HISTORIQUE, TYPOLOGIE ET LOCALISATION DES EXCAVATIONS	12
2.4.1 <i>Les caves</i>	14
2.4.2 <i>Les carrières de calcaire</i>	14
2.4.3 <i>Les carrières de sable</i>	16
2.4.4 <i>Les autres types d'ouvrages souterrains</i>	17
2.4.5 <i>Localisation des ouvrages</i>	18
2.5 CARTE INFORMATIVE	18
3. CARACTERISATION DE L'ALEA	20
3.1 ORIGINE DES RISQUES	20
3.1.1 <i>Les processus de dégradation des anciennes excavations souterraines</i>	20
3.1.1.1 Rupture de piliers	20
3.1.1.2 Instabilités du toit	21
3.1.1.3 Rupture des planches intercalaires entre niveaux	23
3.1.2 <i>Les processus engendrant l'occurrence de glissements</i>	24
3.1.3 <i>Les processus engendrant l'occurrence de ravinements</i>	25
3.1.4 <i>Les processus engendrant l'occurrence d'écroulements</i>	25
3.2 DÉFINITION DE L'ALÉA	26
3.2.1 <i>Prédisposition aux phénomènes d'affaissement et d'effondrement</i>	26
3.2.2 <i>Prédisposition au phénomène de glissement</i>	28
3.2.3 <i>Prédisposition aux phénomènes de ravinement</i>	30
3.3 HIÉRARCHISATION DE L'ALÉA MOUVEMENT DE TERRAIN	32
4. VULNERABILITE DES AMENAGEMENTS	35
4.1 VULNÉRABILITÉ HUMAINE	35
4.2 VULNÉRABILITÉ ÉCONOMIQUE	36
4.2.1 <i>Occupation du sol</i>	36
4.2.2 <i>Le patrimoine historique de LAON</i>	37
4.3 VULNÉRABILITÉ D'INTÉRÊT PUBLIC	38
4.3.1 <i>Les réseaux d'intérêt public</i>	38
4.3.2 <i>Les bâtiments publics</i>	38
5. ZONAGE REGLEMENTAIRE DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES	40
5.1 IDENTIFICATION DES DIFFÉRENTES ZONES DE PRESCRIPTION	40
5.2 MARGES DE SÉCURITÉ ET DE RECULEMENT RELATIVES AUX CAVITÉS SOUTERRAINES	41
5.2.1 <i>La marge de sécurité</i>	42
5.2.2 <i>Marge de reculement</i>	44
5.3 CARTE DE ZONAGE RÉGLEMENTAIRE	45
6. BIBLIOGRAPHIE	46
7. LEXIQUE	48
8. LISTE DES ANNEXES	49

1. ORIGINES ET CONTEXTE REGLEMENTAIRE

1.1 Objet et champ d'application d'un Plan de Prévention des Risques

Selon la loi n° 95.101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement et conformément au décret n° 95.1089 du 5 octobre 1995 relatif aux plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR), l'état élabore et met en application des plans de prévention des risques naturels prévisibles engendrés par des phénomènes tels que les mouvements de terrain.

Un PPR a pour objet de :

- délimiter des zones exposées au(x) risque(s) pris en compte ;
- définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui incombent aux particuliers ;
- définir les mesures relatives aux aménagements existant à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.

Un PPR constitue une servitude d'utilité publique devant être respectée par les documents d'urbanisme et par les autorisations d'occupation des sols ; il doit être annexé au POS selon l'article R 126-1 du Code de l'Urbanisme. Il a un effet rétroactif concernant les mesures applicables aux constructions, ouvrages, biens et activités existant antérieurement à sa publication.

1.2 Procédure d'élaboration et contenu

Selon le décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995, l'établissement d'un PPR est prescrit par arrêté du préfet. Il détermine le périmètre mis à l'étude et la nature des risques pris en compte, puis désigne le service de l'état qui sera chargé d'instruire le projet de plan. Cet arrêté est notifié au maire de la commune concernée. Il est publié au recueil des actes administratifs de l'état dans le département.

Le PPR se compose de trois documents réglementaires :

- le rapport de présentation : il s'agit d'un document qui définit la nature des phénomènes naturels pris en compte ainsi que leur localisation et qui justifie le zonage et les prescriptions du PPR ;
- des documents cartographiques qui délimitent les zones exposées aux risques pris en compte ;
- un règlement qui précise, pour les zones exposées :
 1. les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables ;
 2. les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités et/ou les particuliers, ainsi que celles relatives aux aménagements existants qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.

REMARQUE : Des annexes sont constituées par des cartes et coupes renseignant sur les événements passés, la géologie du site, les aléas (nature, évaluation, localisation, etc.).

Le PPR, sous forme de projet, est soumis au conseil municipal de la commune sur le territoire de laquelle le plan sera applicable. Tout avis qui n'est pas rendu dans un délai de deux mois est réputé favorable.

Le projet de plan est soumis ensuite par le Préfet à une enquête publique dans les formes prévues par les articles R11-4 à R11-14 du code de l'expropriation pour cause d'utilité publique.

A l'issue de ces consultations, le plan, éventuellement modifié pour tenir compte des avis recueillis, est approuvé par arrêté préfectoral. Une copie de l'arrêté est affichée en mairie pendant un mois minimum et une publicité est faite par voie de presse locale afin d'informer les populations concernées.

En outre, l'article 16 de la loi n° 95-101 du 2 février 1995 prévoit que « *Les plans d'exposition aux risques naturels prévisibles [...] en cours d'élaboration à la date de promulgation de la loi n° 95-101 [...] sont considérés comme projet de plan de prévention des risques naturels, sans qu'il soit besoin de procéder aux consultations ou enquêtes publiques déjà organisées en application des procédures antérieures propres à ces documents* ».

1.3 Motivation du PPR de la commune de LAON

Le territoire de la commune de LAON (département de l'Aisne), couvre une superficie de 4447 hectares. La topographie divise la ville en deux zones bien distinctes : la ville haute historique, aussi appelée « plateau » (77 ha), et la ville basse constituée des faubourgs et des quartiers récents (*figure 1*).

La ville haute est bâtie sur une butte témoin géologique résultant du dégagement des formations tertiaires par une érosion hydraulique agressive. Le sommet de cette butte est constituée de couches calcaires du Lutétien inférieur et moyen, reposant sur les sables et argiles de l'Yprésien et du Thanétien. Son sommet domine la plaine crayeuse environnante d'une centaine de mètres et constitue de ce fait un site défensif naturel de première importance.

Pour des raisons historiques et géologiques, c'est le sous-sol de la ville haute, coeur économique, politique et religieux de la cité médiévale, qui a été le plus exploité pour permettre l'édification de certains des nombreux monuments qui constituent aujourd'hui un patrimoine historique de première importance.

L'existence de ces vides souterrains, la configuration géologique particulière de cette butte et l'escarpement relativement important des versants rendent ce site sensible à plusieurs types de mouvements de terrain (effondrements, glissements, ravinements...).

Plusieurs effondrements de carrières et désordres sur pente se sont d'ailleurs produits ces dernières années sur le territoire de la commune, mettant en péril les personnes et les biens situés dans leur emprise.

Ces événements ont conduit Monsieur le Préfet de l'Aisne à prescrire, en date du 20 novembre 1990, un Plan d'Exposition aux Risques de mouvement de terrain, devenu Plan de Prévention des Risques depuis la loi du 2 février 1995, sur le territoire de la ville de LAON (*figure 1*).

La Direction Départementale de l'Équipement de l'Aisne a fait réaliser en 1990 une étude préliminaire des risques potentiels par le laboratoire du CETE de Saint-Quentin [2]. Les principaux risques de mouvements de terrain identifiés concernent les affaissements-effondrements, les glissements, les écroulements et les ravinements. Ils affectent notamment les terrains de la butte situés au-dessus de la cote topographique 100 m IGN.

Parmi les études réalisées dans le cadre de la procédure d'élaboration du PPR, on peut citer :

- étude technique de l'aléa confiée en 1991 au BRGM Nord-Picardie [3]. Compte tenu des événements survenus en 1992, 1993 et 1994, cette étude a été réactualisée en 1995 par ANTEA [11] ;
- analyse des risques liés à la présence de cavités souterraines confiée en 1995 à l'INERIS [12] ;
- diagnostic hydrogéologique du plateau élaboré en 1995 par ESF [15] ;
- étude de vulnérabilité au risque de mouvement de terrain de l'agglomération de LAON réalisée en 1995 par le bureau d'étude BCEOM [14].

Les références de ces études, consultables auprès du service gestionnaire du PPR, figurent en bibliographie.

Ce document de présentation du PPR constitue une synthèse de l'ensemble de ces études. Il reprend également certaines informations fournies par le Service de Recherche des Carrières de la ville de LAON ou issues de publications à caractère général ou historique.

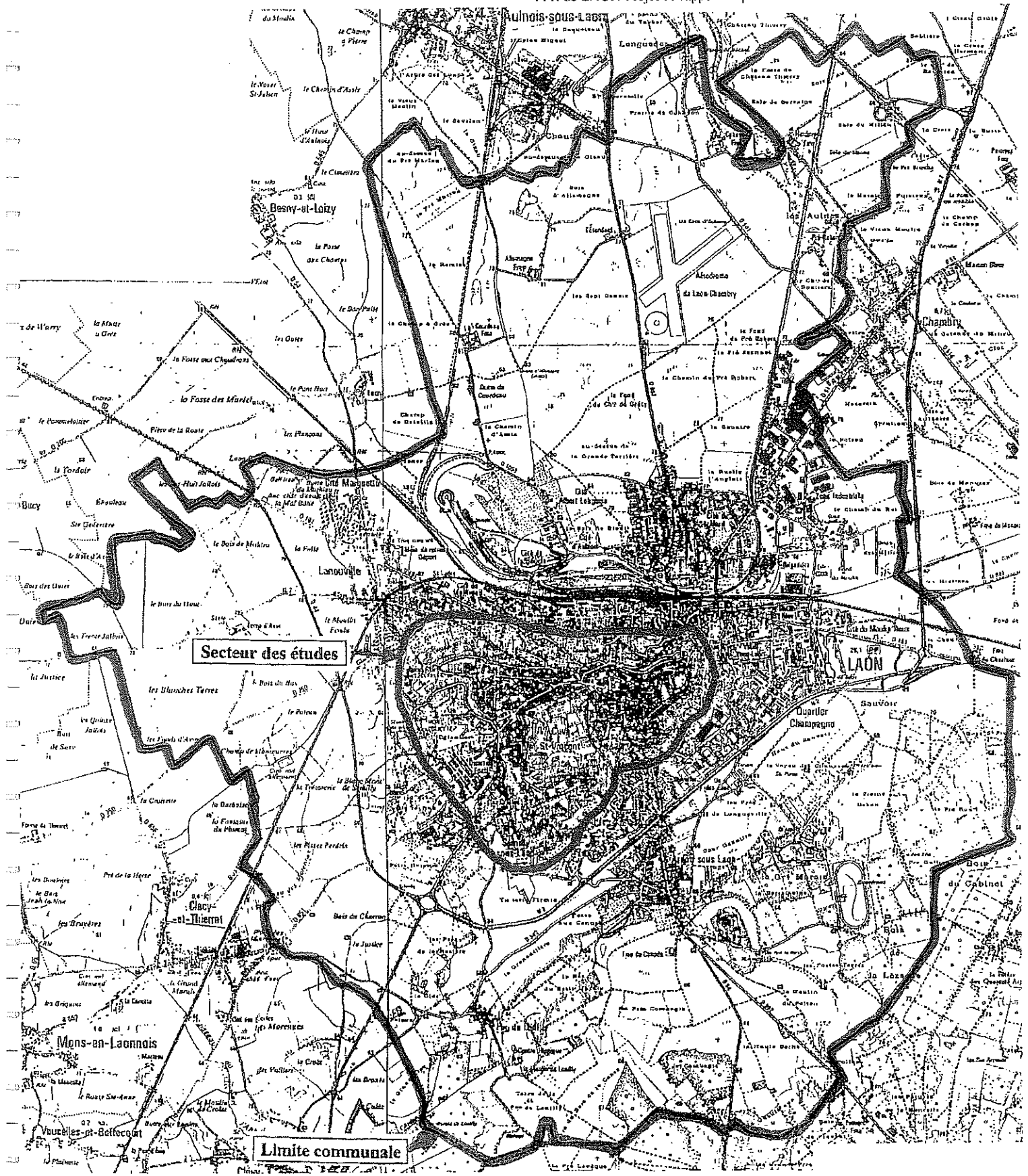


Figure n°1 : Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles de mouvement de terrain de LAON

Limites de la commune de LAON

2. ANALYSE INFORMATIVE

La première étape d'un Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles consiste à collecter le maximum d'informations permettant de caractériser au mieux le bassin de risques dans lequel le PPR doit être réalisé.

Dans le cas de mouvements de terrain de type glissement, ravinement ou effondrement, cette phase doit permettre d'acquérir des connaissances précises sur la topographie, la géologie et l'hydrogéologie du site ainsi que sur la nature des formations de pente et sur la typologie et la localisation des excavations souterraines.

Cette phase primordiale de l'étude a fait l'objet de nombreux travaux ([2], [3], [6], [8], [9], [12], [15]...) qui ont également permis la réalisation d'une carte informative recensant, en les localisant, les mouvements de terrain connus, anciens ou actifs, ayant affecté ou continuant d'affecter la zone d'étude.

2.1 Topographie et géologie générale du site

La butte de LAON constitue une « butte témoin » du Tertiaire. Elle s'élève de 90 à 180 m IGN et présente des pentes relativement abruptes au sommet (le flanc nord-est étant le plus escarpé) mais qui ont tendance à s'adoucir lorsqu'on descend vers la plaine. Les versants peuvent être recouverts d'éboulis et de terrains remaniés non déblayés par l'érosion. La *figure 2* présente une coupe géologique synthétique de la butte de LAON. Au sommet de la butte, les terrains naturels sont recouverts par des remblais anthropiques dont l'épaisseur peut localement dépasser 5 mètres.

Les niveaux géologiques du Lutétien ont une épaisseur moyenne d'une quinzaine de mètres mais peuvent présenter des variations sensibles d'épaisseur sur l'étendue de la butte. Ils sont constitués, du haut vers le bas, de lentilles résiduelles de sable limoneux, des bancs calcaires et des sables glauconieux du Lutétien inférieur. Les bancs calcaires constituent l'entablement du plateau sur lequel s'est développée la ville haute et donnent naissance à une petite falaise rocheuse soulignée par les remparts médiévaux qui entourent la cité. Une coupe schématique du Lutétien de la butte de LAON est présentée *figure 3*.

Ces niveaux lutétiens sont principalement concernés par les mouvements de terrain puisque qu'ils abritent l'essentiel des exploitations souterraines et qu'ils sont affectés en périphérie de la butte par des écroulements. Ils reposent sur une couche argileuse, d'une épaisseur de l'ordre de 5 à 7 mètres, dite « argile de LAON » appartenant à l'Yprésien supérieur. Le reste de la butte est constitué d'une succession de sables et d'argiles (Yprésien et Thanétien) qui repose sur la craie campanienne constituant le substratum de la plaine environnante.

Sur le plan général, la butte témoin de LAON est affectée d'un très léger pendage général des couches vers le Sud-Est avec, dans la partie est de la butte, des accentuations locales du pendage des couches vers le Sud. Les principales familles de fracturation naturelle observées dans les bancs calcaires sont orientées selon les directions générales N-120°E, N-30°E et N-60°E. Ces fractures apparaissent le plus souvent ouvertes avec remplissage argileux et sont localement karstifiées dans les niveaux inférieurs du Lutétien.

D'après le nouveau zonage sismique de la France, le site appartient à la zone de sismicité dite « zone 0 », qui est définie comme une zone de sismicité négligeable. Néanmoins, deux secousses sismiques assez importantes sont répertoriées aux XVI^{ème} et XVIII^{ème} siècles. Leurs effets sur les structures semblent avoir nécessité quelques travaux de confortement dans les ouvrages souterrains.

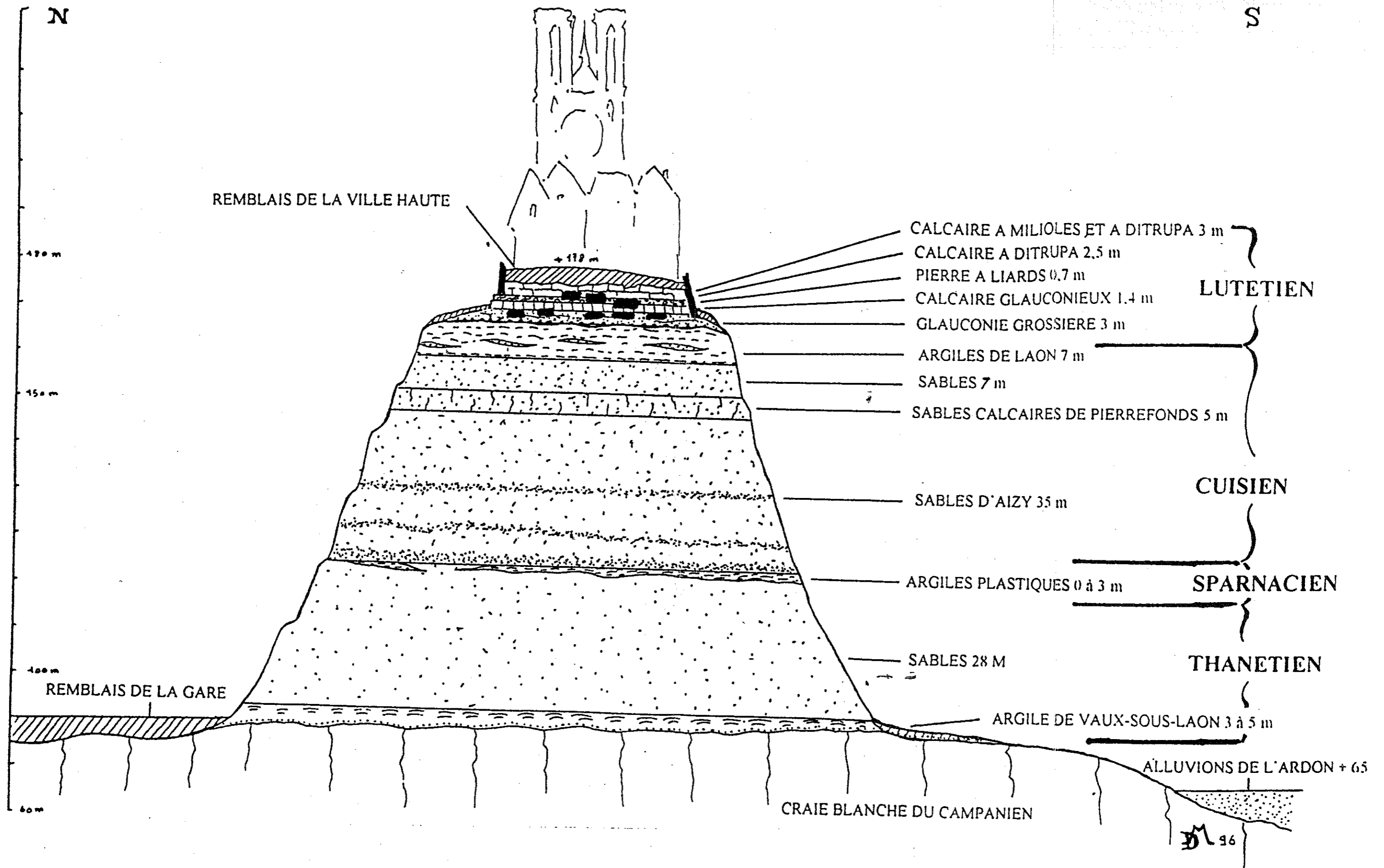
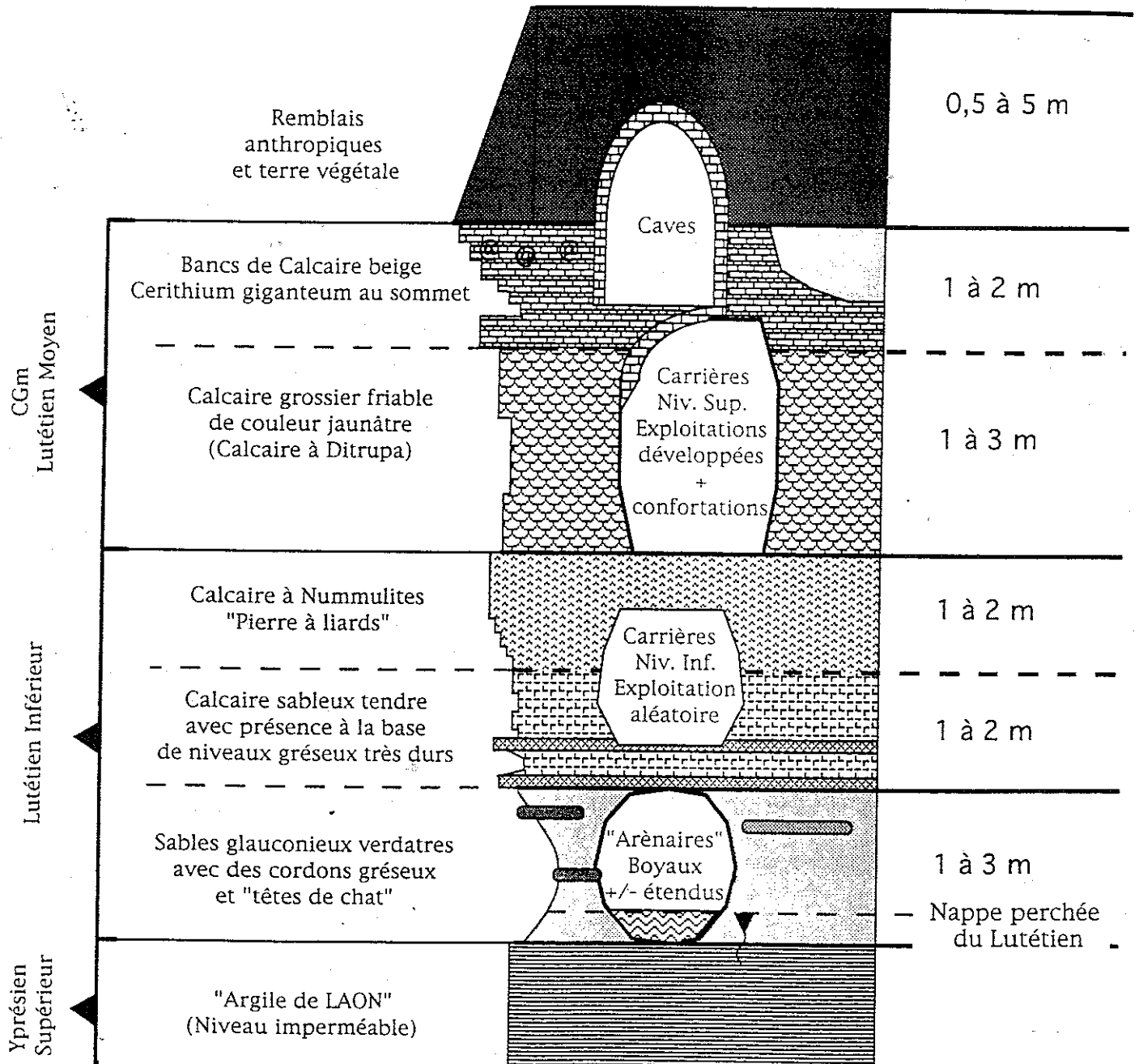


Figure n°2 : Coupe géologique de la montagne de LAON
 (JP GELY - origine du schéma : Service des carrières)

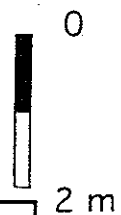
**COUPE
GEOLOGIQUE
SCHEMATIQUE**

**NIVEAU
DES
EXPLOITATIONS**

**EPAISSEUR
MOYENNE**
(lorsque
les bancs
existent)



Echelle 1/100



**Figure n°3 : Coupe géologique schématique du Lutétien
avec
localisation des exploitations souterraines**

2.2 Hydrogéologie

La ville de LAON est drainée par un réseau hydrologique peu important : seule une rivière, l'Ardon, coule au Sud et à l'Est de la ville. Aucun cours d'eau permanent ne traverse le périmètre de risque établi.

Sur le plan hydrogéologique, on note, du bas vers le haut, la présence de quatre nappes phréatiques dans les formations géologiques qui constituent la butte et son assise (*figures 2 et 3*) :

- la première, en pied de butte, imprègne la craie campanienne. Elle constitue la nappe qui alimente en eau potable le département ;
- la seconde nappe se trouve dans le tiers inférieur de la butte. Elle baigne les sables thanétiens et repose sur une couche d'argile, également du Thanétien dite de « VAUX-sous-LAON » ;
- aux deux tiers de la butte, on trouve la nappe du Cuisien retenue par les argiles du Sparnacien. Elle baigne des sables colorés fins de l'Yprésien supérieur ;
- la nappe du Lutétien joue un rôle important sur les phénomènes d'instabilité de carrières et de pentes qui affectent le domaine d'étude. Elle repose sur le niveau imperméable de « l'argile de LAON ». Elle baigne la base des sables lutétiens, dont l'épaisseur varie de 1 m à 2,50 m, lesquels abritent de nombreuses carrières et galeries militaires.

Les trois dernières nappes sont des « nappes perchées » en raison de leur disposition géographique. Elles s'écoulent par différents exutoires plus ou moins naturels sur les flancs de la butte.

Jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle, l'alimentation en eau de la butte de LAON était essentiellement assurée par des fontaines et des abreuvoirs, situés au contact entre les sables du Lutétien et l'argile de LAON, ainsi que par certaines sources présentes sur les flancs de la butte. Une étude menée au XIX^{ème} siècle estimait la production des sources à 200 m³ par jour, valeur réévaluée à 400 m³ par jour par les spécialistes [10].

L'adduction d'eau sur le plateau date de 1870 à 1873. Depuis, les réseaux se sont multipliés pour couvrir la totalité du plateau et la majeure partie de ses pentes. Le réseau d'assainissement, initié dès le XVIII^{ème} siècle sous forme « d'aqueducs », se développe aujourd'hui sous la forme d'un réseau unitaire (récolte commune des eaux pluviales et usées). On estime entre 16 à 30 % la proportion d'habitations du plateau non encore raccordées [15].

Comme le montre une étude récente concernant le développement des réseaux d'adduction et d'assainissement d'eau au cours des siècles sur la butte de Laon, l'obsolescence du dispositif épuratoire est à l'origine de la pollution qui affecte les sources et les fontaines (21,17 mg/l d'azote ammoniacal et 42 mg/l de phosphates en septembre 1990) ([16], [17]).

Même si ces rejets existaient dès l'origine de l'activité humaine sur le plateau, l'augmentation du volume et de l'agressivité des eaux déversées semble constituer aujourd'hui une réelle menace pour la stabilité des carrières et des flancs de la butte. Ces rejets ainsi que les fuites qui affectent les différents réseaux peuvent engendrer d'importantes fluctuations dans le niveau piézométrique de cette nappe.

2.3 Les formations de pente

Les formations géologiques constituant les pentes de la butte de LAON présentent des configurations propres à engendrer différents types de mouvements de terrain. Les phénomènes sont liés à la topographie, à la nature des terrains et à l'existence potentielle de facteurs de mouvement.

2.3.1 Les terrains en sommet - Les promenades

Les remparts de la ville haute s'appuient sur l'entablement calcaro-sableux du Lutétien mais les promenades, routes et chemins situés au pied de ces muraillements sont principalement aménagés sur des remblais dont l'épaisseur, la nature et l'extension varient selon les lieux.

Ces terrains anthropiques reposent sur le niveau de l'argile de LAON (Yprésien supérieur) dont l'épaisseur moyenne avoisine 5 mètres mais qui a tendance à se biseauter sur les bords de la butte. Sur ce niveau imperméable, l'écoulement des eaux issues de la butte (eaux naturelles de la nappe perchée du Lutétien et éventuellement eaux parasites) vers les pentes, rend potentiellement instables les terrains situés en crête de la butte.

2.3.2 Les pentes à flanc de coteau

Les versants de la butte de LAON, largement végétalisés sur les parties ouest, sud et est de la butte, sont constitués par des terrains sableux du Cuisien (Yprésien supérieur). La pente moyenne de ces terrains est de l'ordre de 20 à 25°.

Localement, dans les secteurs urbanisés et le long des sentes, il existe des pentes naturelles beaucoup plus raides, supérieures à 35°.

Selon l'occupation du sol le long de ces versants et la configuration des pentes et des facteurs de prédisposition, les mouvements de terrain répertoriés se caractérisent par des glissements, des écroulements ou des ravinements dans les terrains sableux.

2.4 Historique, typologie et localisation des excavations

L'urbanisation du plateau s'est probablement développée à partir du V^{ème} siècle. Le rayonnement croissant de la ville, son statut de capitale carolingienne, puis l'essor de la cité durant toute la période médiévale sont autant de facteurs qui se sont avérés déterminants pour les besoins en matériaux de construction. Du fait de sa situation topographique pénalisante pour l'acheminement de ce type de matériaux, la ville a répondu en partie aux besoins liés à la construction grâce à l'exploitation des ressources présentes dans son sous-sol.

Deux horizons géologiques ont surtout fait l'objet d'exploitation intensive : les sables de la base du Lutétien et les formations calcaires qui les surmontent. Si on ajoute l'existence de caves présentes en sous-sol et couvrant pratiquement l'intégralité de la superficie du secteur urbanisé, on aboutit à trois niveaux d'excavation, localement superposés qui sous-minent les assises de la ville haute (*figure 4*).

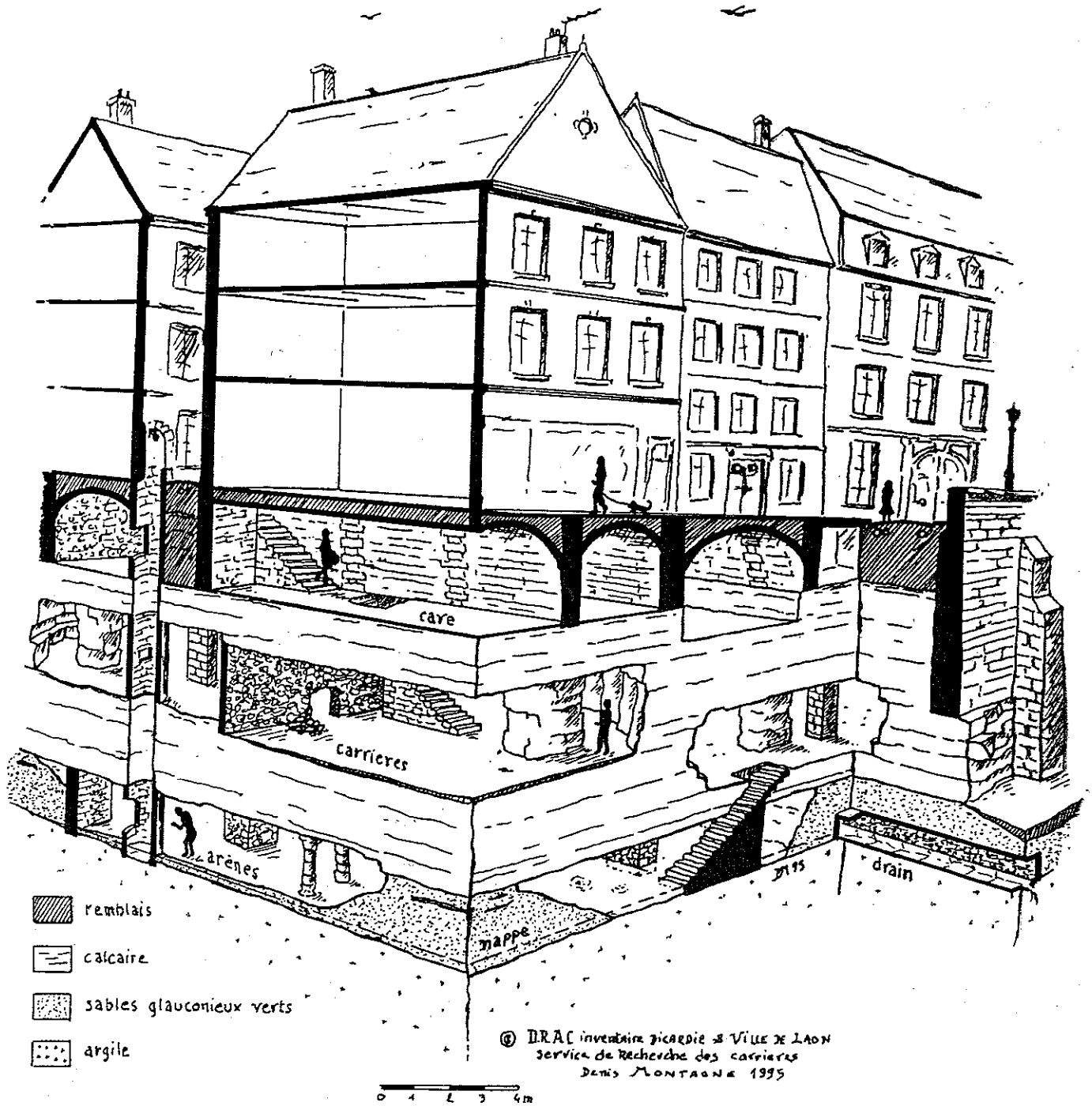


Figure n°4 : Configuration du sous-sol laonnois (D. MONTAGNE)

2.4.1 Les caves

Les caves constituent le premier niveau de sous-sol. Elles résultent généralement de l'attaque de la surface du Lutétien par carrières à ciel ouvert. L'augmentation progressive de l'épaisseur des remblais a, peu à peu, recouvert ces anciennes constructions qui font désormais office de premier niveau sous-miné, en particulier pour la partie est du plateau.

Construites en briques, en moellons ou en pierres de taille selon différentes architectures et sur plusieurs niveaux, elles sont fondées sur le calcaire lutétien et peuvent s'imbriquer fortement avec les carrières souterraines les plus proches de la surface. Elles représentent souvent le seul accès possible vers les carrières. La stabilité de ces ouvrages n'a pas été prise en compte dans ce PPR mais la présence de ces vides constitue un élément aggravant en cas d'effondrement de carrières sous-jacentes.

2.4.2 Les carrières de calcaire

Ces carrières ont servi à l'extraction de calcaire pour la construction des habitations de la ville. Les exploitations étaient exécutées par des particuliers ou par des institutions laïques ou religieuses dont les archives médiévales ont en grande partie disparu et celles qui ont pu être préservées n'ont pas encore été totalement dépouillées. Les carrières souterraines de calcaire ont été exploitées soit par bouche de cavage à partir des flancs de la colline, soit par puits.

Elles peuvent se situer sur plusieurs niveaux d'exploitation lorsque les formations calcaires lutésiennes sont suffisamment épaisses.

- **les carrières du niveau supérieur** dans les calcaires du Lutétien Moyen (calcaire à *Milioles* et calcaire à *Ditrupe*) sont les plus développées. L'exploitation y a été pratiquée selon la méthode des piliers tournés disposés de manière désordonnée, avec des galeries orientées dans toutes les directions.

Cette géométrie confère à ces ouvrages un taux de défrètement apparent (surface des vides rapportée à la surface totale) souvent excessif, en moyenne supérieur à 85 %.

La sole des exploitations, ou banc de marche, est constituée par le calcaire à Nummulites ;

- **les carrières du niveau inférieur** sont plus rares et leur extension reste apparemment limitée à des cavités de quelques dizaines de mètres carrés avec la présence d'un ou deux piliers tournés. Ces excavations se situent à la base du calcaire à Nummulites et dans les niveaux inférieurs du Lutétien (alternance de calcaires sableux friables et de bancs indurés à la base).

Lorsqu'ils existent sur le même site, ces deux niveaux de carrière peuvent communiquer entre eux mais ne semblent pas se superposer de manière systématique.

Les signes évidents d'instabilité dans certains secteurs, mais aussi l'utilisation des cavités comme abris pendant les guerres, ont conduit à l'édification de nombreuses confortations qui ont modifié sensiblement l'aspect et la structure des ouvrages souterrains. Il s'agit de soutènements porteurs, essentiellement du type piliers indépendants ou adossés aux piliers naturels. Ces piliers sont maçonnés, en pierre sèche ou en brique selon les époques. On observe également des muraillements et des voûtes, plus spécialement dans les carrières du niveau supérieur.

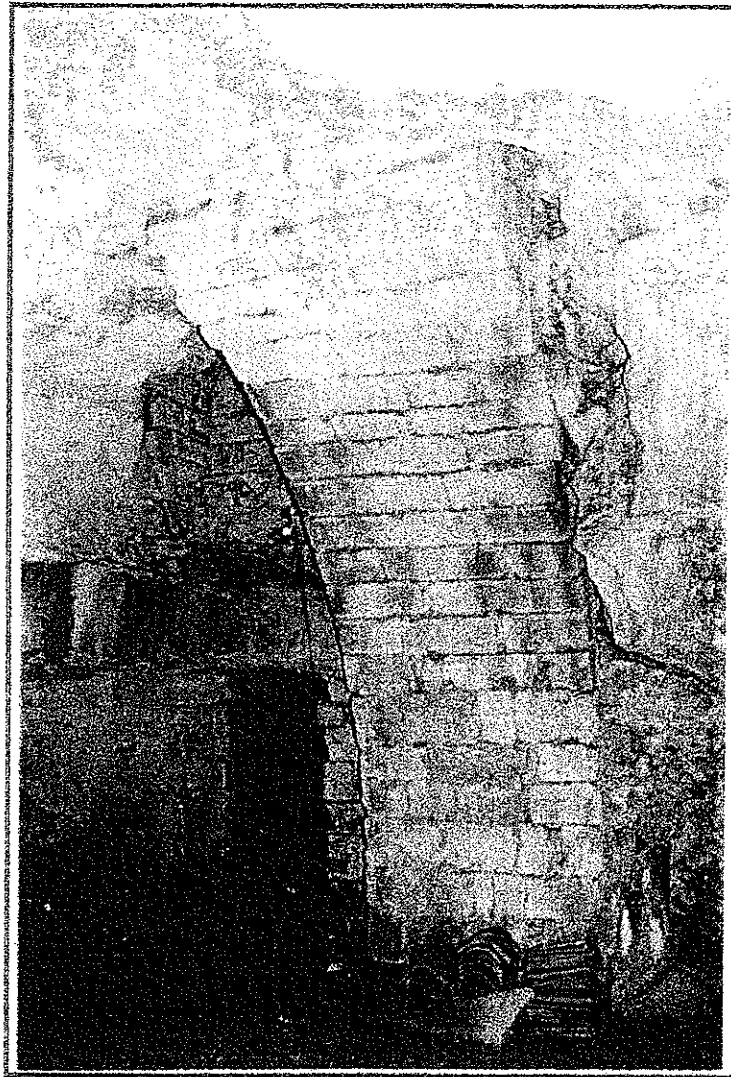


Photo n° 1 : Exemple de premier niveau de carrière avec renforcement par voûte en pierres de taille servant d'assise à un escalier.

Ces renforcements semblent disposés de manière aléatoire et sont généralement fondés sur des bancs calcaires de la sole. Leur état actuel varie en fonction des contraintes supportées ou de la qualité de leur construction. La densité relativement importante de ces appuis permet néanmoins de « rétablir » un taux de défrèvement acceptable dans certaines carrières, et de limiter une évolution latérale possible des désordres.

2.4.3 Les carrières de sable

Ces exploitations, dénommées localement « arènes » ou « arénares » constituent une particularité du site. Elles se développent dans les niveaux de sables glauconieux de la base du Lutétien. Ce matériau est aisément exploitable et particulièrement adapté à la fabrication de mortier.

Les exploitations se développent d'une manière anarchique sur la totalité du plateau, sans respect du parcellaire de surface actuel ou des carrières de pierre sus-jacentes. Les parties accessibles, le plus souvent à partir de puits verticaux, sont des galeries filantes de faibles dimensions (largeur et hauteur inférieures à 3 mètres).



Photo n° 2 : Exemple de cavités dans les sables.

Ces réseaux de galeries sont souvent difficilement cartographiables car partiellement inondés ou faisant l'objet de rejets insalubres.

Les habitations non raccordées au réseau d'assainissement de la commune évacuent souvent leurs eaux usées dans ces arénares. La quantité d'eau rejetée s'étant considérablement accentuée depuis le XIX^{ème} siècle, l'envoiment des anciennes arènes et le battement (plus ou moins naturel) de la nappe du Lutétien amplifie la dégradation de la stabilité de ces ouvrages. En outre, ce battement peut entraîner des phénomènes de « soutirage » dans les sables et provoquer la formation ou la « migration » de cavités plus ou moins importantes et inconnues.

Les piliers maçonnés, construits pour consolider les carrières, se situent essentiellement dans les intersections de galeries ou dans des salles présentant des portées supérieures à 5 mètres.

On peut observer également des muraillements plaqués contre les parements de sable qui semblent destinés à éviter une érosion régressive du massif. Ces confortements reposent principalement sur l'argile de LAON (rarement visible en carrière) avec des assises baignées par la nappe perchée du Lutétien.

Les dégradations observées sur une grande partie de ces confortements artificiels (ruptures en cisaillement et en compression) semblent être imputables autant aux contraintes exercées par le massif qu'aux conditions hydro-mécaniques du milieu. On ne note, par contre, aucun poinçonnement de ces ouvrages artificiels (même de faible section portante) dans la couche argileuse.

Lorsqu'elles existent, les carrières de sable peuvent être seules ou, au contraire, superposées avec des exploitations de pierre, ce qui conduit à des configurations particulièrement complexes. L'épaisseur de la planche intermédiaire (banc séparatif) varie de plusieurs mètres, lorsque les exploitations de pierre sus-jacentes ont été menées exclusivement dans les calcaires supérieurs, à quelques décimètres, lorsque les galeries creusées dans les sables s'étendent directement sous les carrières de calcaire gréseux du niveau inférieur. La planche intermédiaire peut alors n'être constituée que par un banc décimétrique de calcaire gréseux qui s'avère cependant résistant.

2.4.4 Les autres types d'ouvrages souterrains

En plus des caves et des carrières de pierre ou de sable, le sous-sol de LAON recèle quelques autres types d'ouvrages souterrains. On peut citer par exemple, près de l'abbaye Saint-Vincent (flanc ouest de la colline), l'existence de « *creutttes* ». Il s'agit d'anciennes habitations troglodytiques, de faible extension, creusées à flanc de coteau dans des niveaux très peu résistants du Lutétien.

La ville de LAON ayant longtemps été une place forte importante, les militaires ont, surtout au XIX^{ème} siècle, creusé des ouvrages souterrains sous la forme de *larges galeries filantes* (4 à 5 mètres entre les appuis), très espacées les unes des autres. Les carrefours, dont la largeur excédait 5 mètres, étaient systématiquement confortés par des piliers artificiels.

Les autres structures souterraines existant sous la ville haute, tels que *les anciens silos, les anciennes fosses, les puits, les réseaux d'assainissement, les souterrains et contre-mines militaires, les drains*, constituent des vides plus ou moins bien répertoriés mais de faible extension. Leur mise en cause dans les effondrements et les affaissements de surface est toujours possible, soit du fait de leur propre processus de dégradation, soit comme facteur susceptible d'aggraver les désordres liés aux carrières sous-jacentes.

2.4.5 Localisation des ouvrages

A l'exception des importantes mais partielles archives du Génie, les documents anciens sont pauvres et peu exploitables pour l'étude des carrières, d'autant que les rares plans ont tous disparu, comme ceux du XVIII^{ème} siècle, représentant les souterrains situés sous la cathédrale (Archives Départementales de l'Aisne, série G).

Un service communal de recherche des carrières de la ville de LAON a été créé le 2 novembre 1993. Il a pour fonction de répertorier et de cartographier les cavités souterraines existant sous le territoire de la ville. Les résultats de l'inventaire actuel des cavités situées dans l'emprise du périmètre d'étude sont intégrés au présent plan de prévention des risques naturels prévisibles.

La découverte constante de nouvelles cavités suppose néanmoins une consultation régulière de ces travaux et la prise en compte de ces résultats dans les zones concernées.

2.5 Carte informative

La butte de LAON est soumise à des manifestations diverses d'instabilité de surface. Les phénomènes les plus significatifs sont les suivants :

- affaissements et effondrements liés à la présence de cavités souterraines sous-jacentes (carrières, caves et ouvrages souterrains divers) ;
- écroulements de murs de soutènements (essentiellement les remparts) et de falaises sableuses ou calcaires ;
- glissements de terrain à flanc de coteau ;
- ravinements sur des pentes dépourvues de végétation lors de précipitations exceptionnelles.

Une carte informative a pour principal objectif de recenser sur la zone d'étude, l'ensemble des désordres connus ou suspectés ayant affecté la stabilité de la surface.

Comme les autres documents cartographiques réalisés dans le cadre de ce PPR (carte d'aléa, carte de zonage réglementaire), la carte informative recensant les anciens mouvements de terrain ayant affecté la zone du périmètre PPR a été établie à l'échelle du 1/5000^{ème} (1 cm = 50 m).

Elle recense :

- les affaissements ou effondrements connus ;
- les anciens écroulements ;
- les glissements répertoriés ;
- les anciens ravinements.

Pour faciliter la lecture de cette carte, les différents phénomènes sont répertoriés par une couleur différente permettant d'identifier leur nature (rouge = effondrement ; mauve ou violet = glissement ancien ou récent ; orange = écroulement ; jaune = ravinement) complétée par un nombre permettant de faciliter leur localisation.

Le tableau général de l'annexe 1 complète la carte informative en récapitulant les principales informations collectées sur les désordres les plus significatifs. Il fournit :

- le lieu d'apparition ;
- la nature du désordre et ses conséquences en surface lorsqu'elles sont précisées ;
- la date d'apparition ou d'observation du désordre ;
- la source de ces informations.

Pour de plus amples informations, on se reportera au document annexé à l'étude ANTEA réalisée en 1995 dans le but d'actualiser la cartographie de l'aléa menée par le BRGM. Une fiche détaillée y est en effet proposée pour chaque désordre répertorié par le service des carrières. Pour faciliter le report à cette étude, nous avons préservé la numérotation des désordres proposée par ANTEA [11]. Ceci explique le caractère non continu de la numérotation proposée dans la carte informative jointe à ce rapport.

La prise en compte quasi-exhaustive des différents désordres connus ou supposés, depuis moins de 50 ans, montre cependant que les effondrements et les glissements représentent les phénomènes les plus importants en termes de fréquence, d'extension et de gravité.

3. CARACTERISATION DE L'ALEA

Une fois l'analyse informative menée à bien, la phase interprétative de la réalisation d'un Plan de Prévention des Risques de mouvement de terrain doit permettre d'identifier la typologie des phénomènes d'instabilité susceptibles d'affecter la zone et d'en localiser précisément l'extension géographique sur le secteur d'étude. Cette démarche se concrétise par la réalisation d'une cartographie de l'aléa.

La méthode de hiérarchisation de l'aléa est tirée de l'étude d'aléa du BRGM [3] remise à jour par ANTEA [11].

3.1 Origine des risques

3.1.1 Les processus de dégradation des anciennes excavations souterraines

Les différents mécanismes de dégradation susceptibles d'affecter les anciennes excavations souterraines se développent au sein de trois des principales structures qui assurent la stabilité des ouvrages : les piliers, le toit et les planches intermédiaires.

3.1.1.1 Rupture de piliers

Certaines instabilités résultent de la rupture de piliers dont le rôle est de supporter le toit (ou ciel) de l'exploitation. Lorsque le taux de défrètement (pourcentage de matériau extrait par l'exploitation) est trop important ou que le vieillissement du massif est trop avancé, certains petits piliers, incapables de supporter le poids du recouvrement, peuvent se rompre en entraînant dans leur ruine les terrains sus-jacents.

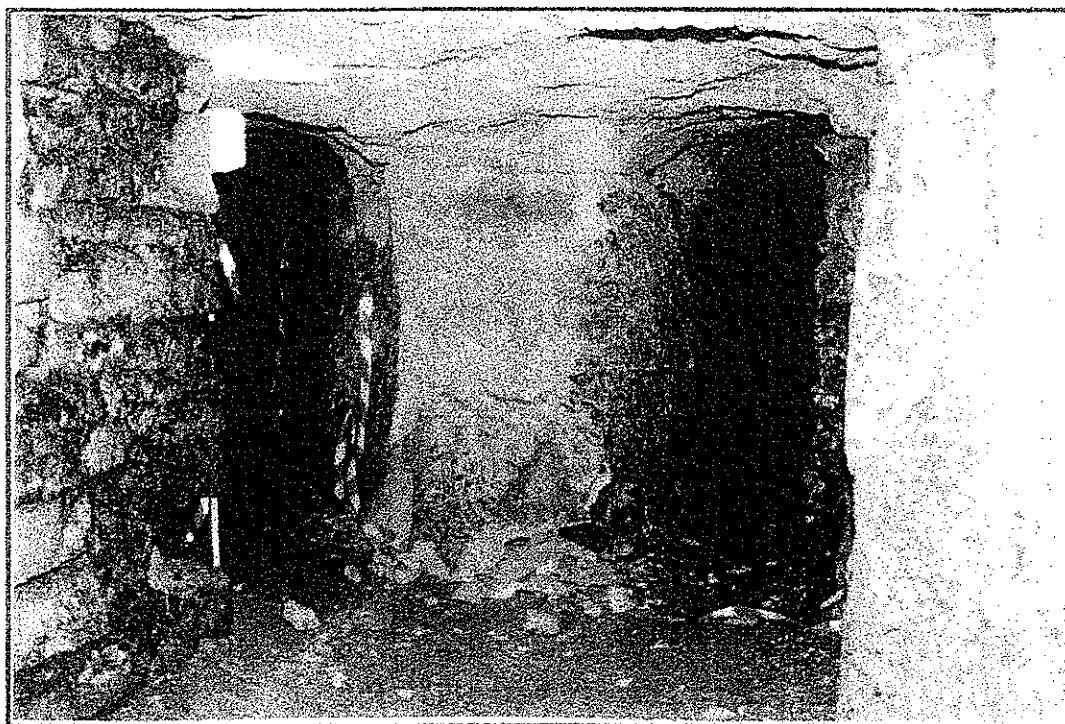


Photo n° 3 : Exemple de rupture de pilier dans les carrières calcaires (dans le cas présent la dégradation est liée au gel de l'hiver 1996-97)

Dans les carrières de LAON, les ruptures de piliers sont des phénomènes locaux qui résultent généralement de configurations défavorables (piliers sous-dimensionnés, zone fortement fracturée ou faillée, importantes venues d'eau, affaiblissement local des propriétés mécaniques du matériau, etc.). Ces ruptures se traduisent en surface par des **effondrements localisés**, dont l'extension est, par définition, limitée mais suffisante pour mettre en péril la sécurité des biens et des personnes qui se trouvent dans l'emprise du phénomène au moment où il atteint la surface.

Aucune configuration d'exploitation sur le site ne semble, à notre connaissance, présenter des risques de rupture en chaîne de piliers aboutissant à la ruine d'un secteur entier de carrière. L'occurrence d'**effondrements généralisés** en surface peut donc être négligée.

3.1.1.2 Instabilités du toit

On appelle « **fontis** », une instabilité localisée du toit de carrière qui ne peut arrêter sa propagation vers le haut et qui finit par déboucher brusquement en surface en créant un entonnoir dont le diamètre peut varier de quelques mètres à quelques dizaines de mètres (une vingtaine au maximum à LAON). Le terme de « **fontis** » désigne aussi bien le mécanisme d'**effondrement localisé** superficiel que le cratère classiquement observé au jour. Les conséquences en surface sont aussi limitées, du fait de sa faible extension, mais peuvent néanmoins engendrer d'importants dégâts lorsque le phénomène se localise sous une construction ou toute autre infrastructure.



Photo n° 4 : Exemple de fontis prêt à déboucher en surface
(les racines mettent en évidence la faible épaisseur résiduelle de recouvrement).

Les fontis se développent préférentiellement à l'aplomb des carrefours de galeries (où les portées de toit sont maximales) ou dans des zones présentant des conditions géologiques particulières (failles, diaclases karstifiées, fractures de bord de versant, stratigraphie perturbée, poches de sable, éventuellement puits ou anciens silos...).

Dans le cas de LAON, ces désordres se manifestent dans deux types de configurations :

- dans les carrières de pierre du niveau supérieur, où les chutes de toit s'initient dans les **bancs calcaires supérieurs** plus ou moins altérés et hétérogènes au droit des trop grandes portées, ou le long des zones de toit très fracturées. Compte tenu de la faible épaisseur des terrains de recouvrement et de la hauteur des vides, le phénomène peut évoluer à terme jusqu'en surface, sous forme d'un fontis ;
- dans les galeries de sable, en l'absence de carrières sus-jacentes, les montées de voûte se développent dans les calcaires gréseux et le calcaire à Nummulites lorsque **la dalle constituant le toit immédiat de ces galeries** se rompt du fait de sa trop grande portée. La progression vers la surface dépend alors de l'extension des carrières de sable affectées par ce phénomène, de la présence de cavités sus-jacentes ainsi que de l'épaisseur et de la nature des terrains de recouvrement.

Les dimensions du fontis en surface dépendent évidemment du diamètre de la chute de toit mais aussi de l'épaisseur de la couche de remblais superficiels. Cette couche que l'on peut considérer comme meuble subit une rupture tronconique inclinée à 45° environ, d'où un diamètre de fontis qui s'accroît avec l'épaisseur de remblais.

En l'état actuel des connaissances, il est délicat d'estimer les vitesses d'évolution des fontis vers la surface. Ce sont des phénomènes aléatoires qui évoluent généralement de façon très lente, quasi imperceptible, pour brusquement évoluer selon des phases de rupture rapides et violentes. Les fontis débouchent au jour de façon soudaine, souvent sans signe précurseur en surface.

3.1.1.3 Rupture des planches intercalaires entre niveaux

L'extension anarchique des galeries de sable peut entraîner une action de sape des piliers des carrières calcaires sus-jacentes. Cette configuration multi-niveaux, peut provoquer une **rupture de la planche intermédiaire soumise à un trop fort cisaillement aggravé par une mauvaise superposition des piliers** (on dit que les piliers poinçonnent). Ce mécanisme entraîne le décollement et la rupture en traction du (ou des) pilier(s) calcaire(s) sus-jacent(s).



Photo n° 5 : Rupture par décollement d'un pilier sous-miné par une cavité dans les sables.

Cette diminution de la portance se répercute sur la dalle supérieure qui devient la seule «armature» du toit de l'exploitation. Cette dalle peut, lorsqu'elle est suffisamment souple ou fracturée, fléchir et engendrer en surface des affaissements susceptibles d'affecter le bâti. Elle peut également se rompre par manque d'appui et engendrer des fontis capables d'affecter la stabilité de la surface.

3.1.2 Les processus engendrant l'occurrence de glissements

Les glissements susceptibles d'affecter la stabilité des pentes de la butte de LAON peuvent se décomposer en deux sous-ensembles :

- *Les glissements qui se développent dans la partie supérieure de la butte, au niveau du contact entre les sables du Lutétien, les remblais anthropiques et l'argile de LAON.*



Photo n° 6 : Désordres consécutifs au glissement de la Porte Vinoux.

Les calculs menés par le BRGM dans l'étude de hiérarchisation de l'aléa mettent en évidence pour cette zone des coefficients de sécurité au glissement proches de 1 (valeur de 1,38, inférieure au seuil de 1,5 généralement retenu pour des ouvrages de génie civil dont la stabilité à long terme est requise). Ces coefficients de sécurité peuvent d'ailleurs tendre vers des valeurs encore plus faibles en cas de surcharge hydraulique et/ou de présence d'hétérogénéités affaiblissant les propriétés géomécaniques locales. En effet, dans cette partie la plus sensible de la butte où l'intervention humaine a considérablement modifié l'équilibre hydraulique, l'eau constitue un facteur aggravant dans le déclenchement des désordres, en particulier des glissements, soit par ravinement, soit par imprégnation.

L'ensemble de cette configuration doit donc être considéré comme présentant d'importants risques de glissement.

- *Les glissements qui se développent sur la partie courante des pentes, là où elles sont essentiellement constituées de matériaux sableux du Cuisien plus ou moins colluvionnés.*

Ces glissements peuvent soit être plans, soit se développer selon des surfaces irrégulières. Dans les deux cas, les coefficients de sécurité moyens obtenus sont légèrement supérieurs aux précédents mais des variations locales de la cohésion ou de l'angle de frottement du sol, de la pente du talus et/ou l'existence d'une circulation d'eau peuvent rapidement compromettre la stabilité des terrains.

Même si ces zones présentent une prédisposition au risque de glissement moins importante que les parties hautes de la butte, l'occurrence de ce type d'instabilité de surface ne peut donc être exclue.

3.1.3 Les processus engendrant l'occurrence de ravinements

Les ravinements sont des écoulements rapides à très rapides de matériaux meubles non consolidés sur les pentes déboisées à la suite d'un afflux d'eau important (forte précipitation, rupture de canalisation...). Ces mouvements peuvent se développer sur des distances parfois importantes, entraînant sur les pentes des matériaux dont la teneur en eau est très élevée.

En cas de fortes précipitations, toutes les zones dénudées de végétation et situées sur les flancs de la butte de LAON sont sensibles à ce type d'instabilité car les sols sont représentés par des sables fins de granulométrie uniforme.

3.1.4 Les processus engendrant l'occurrence d'écroulements

Deux types d'écroulements sont susceptibles d'affecter la commune de LAON.

- *Les écroulements de murs de soutènement ou de remparts qui ont été construits pour masquer ou consolider des fronts rocheux. Ce type d'instabilité résulte généralement de la vétusté des constructions[19], de l'absence ou de la défaillance du système de drainage en cas de venues d'eau et/ou d'une mauvaise assise de la structure, particulièrement au niveau de l'argile qui possède de faibles caractéristiques mécaniques.*



Photo n° 7 : Ancien écroulement de rempart revégétalisé (Nord de la Porte de Soissons).

- *Les écroulements de masses sableuses du Cuisien au niveau de talus naturels très raides.*
Ces phénomènes peuvent résulter de l'affouillement d'un talus dont la pente présente un équilibre limite, lié généralement à la présence de voiries (rampe d'Ardon, rampe Gambetta...).

Compte tenu du manque de données disponibles sur l'état des murs et remparts et sur la stabilité des rares fronts de falaise présents sur la commune, la hiérarchisation de l'aléa « écroulement » ne s'est pas avérée possible dans le cadre de cette étude. Les recommandations ou interdictions énoncées dans le règlement pour s'affranchir de ce type de risque seront donc d'ordre général.

3.2 Définition de l'aléa

L'aléa est un concept spécifique à la terminologie du risque naturel. Il correspond à la probabilité qu'un phénomène se produise sur un site donné, au cours d'une période de référence, en atteignant une intensité ou une gravité qualifiable ou quantifiable.

L'étude de l'aléa « mouvement de terrain » a été réalisée en 1991 par le BRGM et remise à jour par ANTEA en 1995.

Cette étude s'appuie sur une démarche consistant à identifier les facteurs de prédisposition de chaque type d'instabilité. Une analyse multicritère permet ensuite d'attribuer à chacun de ces facteurs un coefficient pondérateur permettant de privilégier ceux dont le rôle s'avère prépondérant sur le développement des instabilités.

3.2.1 Prédisposition aux phénomènes d'affaissement et d'effondrement

Les affaissements et les effondrements sont, dans leur immense majorité, localisés sur le plateau calcaire. Il n'existe en effet que peu de galeries creusées dans les sables situés en bord de pente et celles-ci présentent, du fait de leur faible extension, peu de risque d'instabilité.

Le nombre limité de données géotechniques disponibles et la complexité du réseau des cavités souterraines n'ont pas permis d'établir une relation évidente entre la prédisposition aux affaissements ou effondrements et la valeur du rapport $\frac{\text{épaisseur du recouvrement rocheux}}{\text{volume des vides sous-jacents}}$.

En l'absence de ce paramètre traditionnel, deux facteurs ont donc été retenus pour l'analyse :

- la **nature des terrains de surface** qui se voit affecter un coefficient de pondération *I*. Il existe trois types de terrains de surface :
 - les argiles qui présentent la valeur la plus faible : *1* (il n'existe en effet aucune galerie connue creusée dans les argiles) ;
 - les sables auxquels est affectée une valeur intermédiaire : *2* (puisqu'il existe certaines galeries dans ces horizons) ;
 - les calcaires pour lesquels la valeur est la plus forte : *3* (c'est en effet la formation dans laquelle la majorité des caves, carrières et galeries ont été creusées) ;

• l'existence de vides souterrains, affectée d'un coefficient de pondération 3 pour bien mettre en évidence la prépondérance de ce paramètre. Trois zones spécifiques ont été identifiées :

- les zones certaines, correspondant aux secteurs où les excavations ont pu être répertoriées et cartographiées. Cette zone est affectée de la valeur la plus forte : 3 ;
- les zones probables correspondant aux secteurs pour lesquels, par différents recoupements, il est légitime de suspecter l'existence de cavités, ces dernières n'ayant cependant pas toujours pu être localisées exactement par rapport à la surface. La zone se voit attribuée une valeur intermédiaire : 2 ;
- les zones possibles regroupant l'ensemble des autres secteurs du plateau calcaire. La valeur attribuée y est minimale : 1.

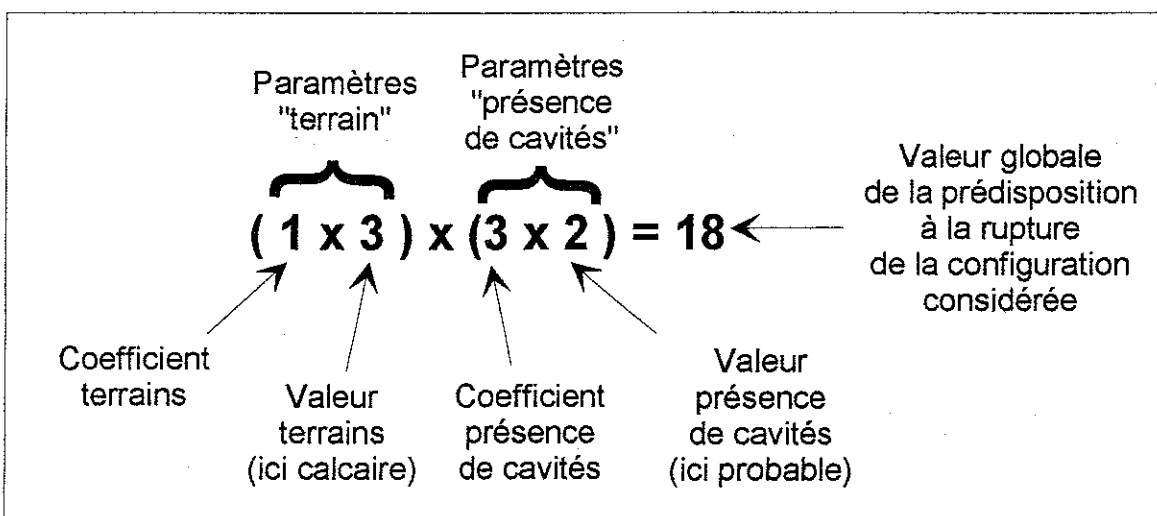
Ces différentes données sont résumées dans le *tableau 1*.

		Valeurs de prédispositions aux affaissements et effondrements		
Paramètres	Coefficient	1	2	3
Terrains	1	Argile	Sable	Calcaire
Présence de vides souterrains	3	Possible	Probable	Certaine

Tableau 1 : Prédisposition aux phénomènes d'affaissement et d'effondrement.

L'analyse multicritère s'appuyant sur une approche probabiliste des risques de désordres, on détermine le facteur de prédisposition en multipliant entre eux les différents coefficients définissant la configuration concernée.

Ainsi, pour un secteur situé en terrain calcaire probablement sous-miné, la prédisposition à la rupture est calculée de la manière suivante :



Ces valeurs de prédisposition à la rupture sont ensuite regroupées en classes de prédisposition de manière à ne pas multiplier les différents niveaux et à faciliter de ce fait la lecture de la carte correspondante (cette carte est consultable dans l'étude BRGM). Les classes de prédisposition aux phénomènes d'affaissement-effondrement sont définies de la manière suivante :

- une classe nulle à négligeable correspondant à l'affleurement des argiles et pour laquelle le calcul de la prédisposition est difficile car la présence de cavités n'est ni possible, ni probable, ni sûre ;
- une classe faible (valeur 6 ou 12) correspondant aux zones de sable pour lesquelles la présence de cavités est possible ou probable ;
- une classe moyenne (valeur 9 ou 18) englobant les zones calcaires dans lesquelles la présence de vides souterrains est possible ou probable ;
- une classe forte (valeur 18 ou 27) correspondant aux secteurs mettant en évidence des cavités reconnues dans le calcaire ou le sable.

3.2.2 Prédisposition au phénomène de glissement

Plusieurs facteurs de prédisposition interviennent pour évaluer la sensibilité des pentes de la butte de LAON aux phénomènes de glissement.

- La **pente des terrains** a une influence primordiale et correspond à un coefficient de pondération de 2. Quatre valeurs ont été retenues pour classer les pentes de la butte :
 - les pentes inférieures à 10° : valeur 1 ;
 - les pentes comprises entre 10° et 20° : valeur 2 ;
 - les pentes comprises entre 20° et 30° : valeur 3 ;
 - les pentes supérieures à 30° : valeur 4 ;
- la **nature des terrains** , affectée d'un coefficient de pondération 3. Les trois types d'affleurement possibles sont :
 - les calcaires , matériaux les moins sensibles au glissement : valeur 1 ;
 - les argiles qui peuvent présenter quelques risques de glissement : valeur 2 ;
 - les sables , matériaux les plus sensibles à ce type d'instabilité : valeur 3 ;

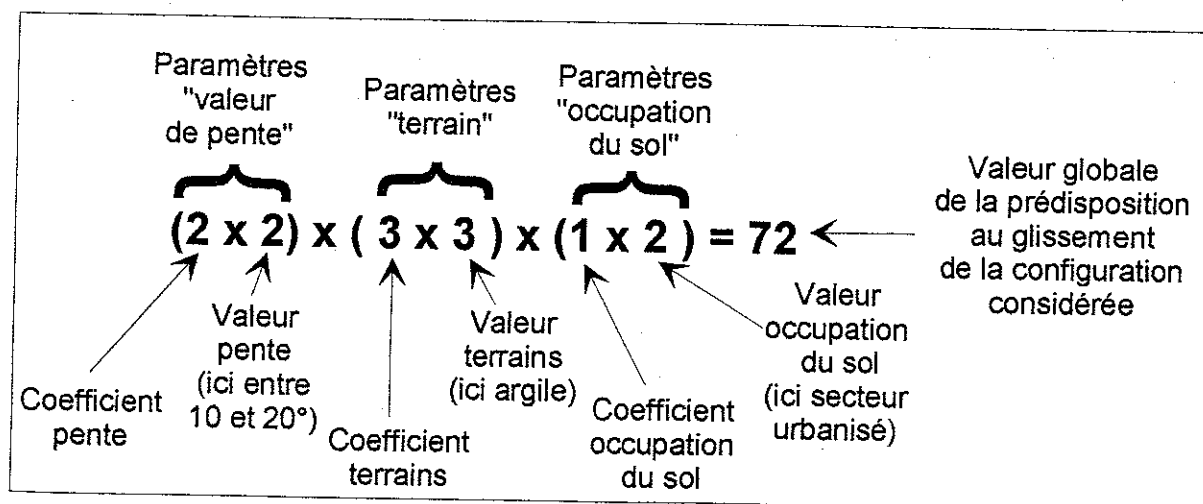
- l'occupation du sol, affectée d'un coefficient 1. Quatre types d'occupation différentes :
 - les secteurs urbanisés avec terrasses et anciennes terrasses : valeur 1 ;
 - les secteurs et les zones de remblais, un peu plus sensibles : valeur 2 ;
 - les secteurs découverts (prairies, champs, jardins) encore plus sensibles : valeur 3 ;
 - les secteurs boisés ou de carrières : valeur 4 ;
- enfin, la **présence d'eau** (naturelle ou non) jouera un rôle prépondérant sur la stabilité de la zone même si elle n'apparaît pas clairement dans le calcul de la prédisposition.

Ces différentes données sont résumées dans le *tableau 2*.

		Valeurs de prédisposition au glissement			
Paramètres	Coefficient	1	2	3	4
Pente en degrés	2	< 10	de 10 à 20	de 20 à 30	> 30
Nature du terrains	3		Calcaire	Argile	Sable
Occupation du sol	1	Présence de terrasses	Urbanisé ou remblais	Prairies, champs, jardins	Forêts ou carrières
Présence d'eau		non	oui	oui	

Tableau 2 : Prédisposition aux phénomènes de glissement.

Pour une zone urbanisée située dans un secteur où l'argile est à l'affleurement et présentant une pente d'environ 15°, le calcul du facteur de prédisposition s'effectue de la manière suivante :



Les quatre classes de prédisposition sont définies de la manière suivante :

- prédisposition nulle à négligeable pour la valeur 6 (zone du plateau calcaire à l'intérieur des remparts) ;
- prédisposition faible (valeur < 95) ;
- prédisposition moyenne (valeur de 96 à 162) ;
- prédisposition forte (valeur supérieure ou égale à 162).

On notera que les anciens glissements ont tous été intégrés dans la classe de prédisposition forte ainsi que l'ensemble des secteurs de la partie haute de la butte.

3.2.3 Prédisposition aux phénomènes de ravinement

La démarche est identique à celle explicitée pour les phénomènes précédents. Les ravinements restent cependant limités à l'occurrence de fortes pluies. Les facteurs de prédisposition retenus ici sont :

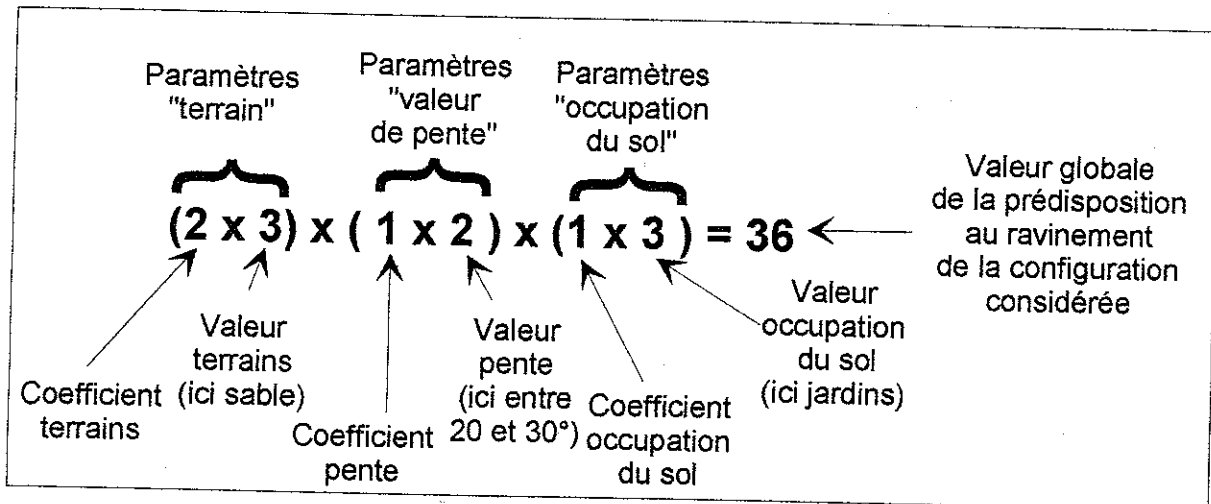
- la **nature des terrains** affectée d'un coefficient de pondération 2. Les trois types d'affleurement possibles sont :
 - les calcaires, matériaux les moins sensibles à ce type d'instabilité : valeur 1 ;
 - les argiles qui peuvent présenter quelques risques de ravinement : valeur 2 ;
 - les sables, matériaux les plus sensibles au ravinement : valeur 3 ;
- la **valeur de la pente**, à laquelle on attribue un coefficient de pondération de 1. Trois catégories de pentes ont été retenues :
 - les pentés inférieures à 20°, ravinement faible : valeur 1 ;
 - les pentés comprises entre 20° et 30°, ravinement moyen : valeur 2 ;
 - les pentés supérieures à 30°, ravinement fort : valeur 3 ;
- l'**occupation du sol**, affectée d'un coefficient 1. On distingue trois types d'occupation différentes :
 - les secteurs urbanisés avec terrasses et anciennes terrasses paraissent les moins sensibles au ravinement : valeur 1 ;
 - les secteurs boisés y sont un peu plus sensibles : valeur 2 ;
 - les secteurs découverts (prairies, champs, jardins) semblent les plus sensibles à ce type de manifestations : valeur 3 ;

Ces différentes données sont résumées dans le *tableau 3*.

		Valeurs de prédispositions aux ravinements		
Paramètres	Coefficient	1	2	3
Terrains	2	Calcaire	Argile	Sable
Pentes en degrés	1	< 20	de 20 à 30	> 30
Occupation du sol	1	Présence de terrasses	Forêt	Prairies, champs, jardins

Tableau 3 : Prédisposition au phénomène de ravinement.

Le facteur de prédisposition au glissement d'une zone de jardins localisée dans des sables et présentant une pente de 25° est par exemple le suivant :



Les quatre classes de prédisposition au ravinement sont définies de la manière suivante :

- prédisposition nulle à négligeable pour la valeur 2 (zone du plateau calcaire) ;
- prédisposition faible (valeur 4 à 8) ;
- prédisposition moyenne (valeur 12 à 18) ;
- prédisposition forte (valeur supérieure ou égale à 24).

On notera que les anciens ravinements ont tous été intégrés dans la classe de prédisposition forte.

3.3 Hiérarchisation de l'aléa mouvement de terrain

L'actualisation de l'étude du BRGM réalisée par ANTEA en 1995 a porté sur la carte d'aléa prenant en compte l'intensité, la gravité et l'occurrence des instabilités potentielles.

La démarche consiste, à transcrire l'ensemble des cartes de facteurs de prédisposition de chaque type de mouvement, sous forme d'un zonage qui intègre l'intensité de l'aléa (E) et son niveau de gravité (H).

Les différentes classes d'intensité et de gravité sont définies comme suit :

- **classes d'intensité.** Cette notion fait correspondre l'intensité des mouvements de terrain prévisibles avec l'importance des moyens techniques à mettre en oeuvre pour s'opposer au mécanisme d'instabilité et stabiliser les terrains et ceci quelque soit l'utilisation de l'espace ou la vulnérabilité des biens exposés. Il s'agit donc de « parades actives » qui visent, non pas à conforter les biens endommagés, mais à améliorer les caractéristiques des terrains soumis à instabilité. Les différentes classes d'intensité classiquement utilisées sont les suivantes :
 - E_0 : intensité nulle à négligeable. Les mesures de prévention à mettre en oeuvre sont inexistantes ou très limitées (surveillance périodique de carrière par exemple) ;
 - E_1 : intensité faible. Les mesures de prévention ne dépassent pas 10% de la valeur vénale d'une maison individuelle (mesures contre ravinement, raccordement aux réseaux...) ;
 - E_2 : intensité moyenne. Parades techniques à mettre en oeuvre financièrement supportables par un groupe restreint de propriétaires (traitement d'un quartier de carrière...) ;
 - E_3 : intensité forte. Parades techniques à mettre en oeuvre dépassant le parcellaire et nécessitant des moyens financiers importants (traitement de glissements de forte ampleur...) ;
- **classes de gravité.** Elles sont fonction du préjudice humain prévisible en cas de déclenchement du phénomène et dépendent de la vitesse de propagation et, pour les mouvements rapides, de l'importance des masses mises en jeu. Les classes de gravité les plus fréquentes sont les suivantes :
 - H_0 : gravité faible. Accident improbable (ravinement, affaissement...) ;
 - H_1 : gravité moyenne. Accident isolé (écroulement, fontis, glissement...) ;
 - H_2 : gravité forte. Accident susceptible d'engendrer quelques victimes (effondrement).

Cinq niveaux d'aléa ont été définis à l'aide des différentes classes d'intensité et de gravité permettant de décrire les instabilités potentielles susceptibles d'affecter le site. Le *tableau 4*, fortement inspiré de la Direction aux Risques Majeurs [18], décrit ces différents niveaux.

L'évaluation de la probabilité d'occurrence est basée sur le long terme (plusieurs siècles). Plus la probabilité d'occurrence est élevée et plus le risque de voir se manifester le type d'instabilité correspondant est important.

Niveaux d'aléa	Probabilité d'occurrence	Intensité Gravité	Combinaison des facteurs	Conséquences	Exemples de secteur concerné dans l'emprise du secteur d'étude
Niveau 1	Très forte probabilité de non réalisation.	$E_0 H_0$	Faible intensité de tous les facteurs. Pas d'antécédents identifiés.	Pas de conséquences. Accident improbable.	Zone inférieure des pentes (fond de la cuve Saint-Vincent).
Niveau 2 _G	Egale propriété de réalisation et de non réalisation.	$E_1 H_0$	Symptômes modérés et quelques antécédents dans une zone d'intensité moyenne.	Habitat fissuré. Mouvement lent. Accident improbable.	Pentes intermédiaires (rampe d'Ardon).
Niveau 3 _G Niveau 3 _R	Moyenne probabilité de réalisation.	$E_2 H_0/H_1$	Antécédents reconnus dans une zone de forte intensité.	Maison fissurée ou démolie, accident isolé possible.	Aléa fort de glissement (rampe Saint-Just) ou Aléa fort de ravinement (sente des Froids-Culs)
Niveau 4 _E	Forte probabilité de réalisation.	$E_2 H_1/H_2$	Symptômes modérés dans une zone à forte intensité.	Maison effondrée. Mouvement brutal, accident isolé possible.	Zones possibles de carrières (secteur de l'Ecole Normale)
Niveau 5 _E Niveau 5 _G	Très forte probabilité de réalisation.	$E_2 H_1/H_2$ $E_3 H_0/H_1$	Symptômes aigus dans une zone à forte intensité.	Effondrement brutal de carrières ou glissement lent et de grande envergure.	Effondrements sur zones de carrières connues (secteur de la Cité Administrative) ou glissement sur la couronne du plateau (Porte Vinox)

Tableau 4 : Détermination des différentes classes d'aléa.

L'actualisation effectuée par ANTEA en 1995 de la carte d'aléa établie en 1991 concernent les points suivants :

- 1 - prise en compte des nouveaux désordres de surface intervenus dans l'intervalle de temps et des nouvelles carrières levées par le service des carrières de la ville ;
- 2 - toute cavité souterraine en mauvais état ou en cours de destruction s'est vu affectée d'un aléa affaissement-effondrement de niveau 5 ;
- 3 - tout indice de désordre souterrain ou de surface correspond à un aléa affaissement-effondrement de niveau 5 ;
- 4 - toute cavité souterraine en bon état située au-dessus d'une cavité creusée dans les sables correspond à un aléa affaissement-effondrement de niveau 5 ;
- 5 - le secteur des creuttes est classé en aléa affaissement-effondrement de niveau 5 ;
- 6 - tout secteur où les cavités sont réputées « cartographiées avec peu de précision » correspond à un aléa d'affaissement-effondrement de niveau 5 ;
- 7 - toute cavité souterraine en bon état et qui n'est pas située au-dessus d'une cavité creusée dans les sables correspond à un aléa affaissement-effondrement de niveau 4 ;
- 8 - tout aléa non actualisé conserve la valeur établie en 1991.

La carte actualisée a été digitalisée et reprise afin de lisser les contours définis par pixels et de modifier les couleurs affectées aux différentes classes d'aléa. On pourra se reporter à la carte initiale établie par ANTEA en consultant le dossier auprès du service instructeur [11].

La nouvelle carte d'aléa a été établie à l'échelle du 1/5000^{ème}.

4. VULNERABILITE DES AMENAGEMENTS

Lorsque la cartographie de l'aléa a été réalisée, l'analyse de vulnérabilité des aménagements consiste à évaluer, à terme, les conséquences éventuelles sur les biens et les personnes en cas d'apparition de désordres.

La vulnérabilité humaine traduit, en cas d'accident, les risques de morts, de blessés et de sans-abri pour un îlot ou un quartier donné ainsi que les coûts associés. La vulnérabilité économique traduit pour sa part le coût des dégâts et des perturbations qu'engendreraient des mouvements de terrain sur les activités économiques de la commune. La vulnérabilité d'utilité publique traduit enfin les enjeux qui sont directement du ressort de la puissance publique (écoles, hôpitaux, réseaux, équipements, etc.).

L'estimation des vulnérabilités humaines, économiques et d'intérêt public du secteur d'étude a été confiée au cabinet d'étude BCEOM. Les informations ci-après reprennent les résultats les plus fondamentaux et les plus utiles à l'élaboration du règlement et du zonage réglementaire. L'étude complète est disponible auprès du Service Instructeur [14].

4.1 Vulnérabilité humaine

LAON est une ville touristique dont la population fluctue considérablement suivant les périodes de l'année. Sur l'ensemble de la zone d'étude, le nombre d'**habitants permanents** est de **13340**. En moyenne, plus de 70000 personnes franchissent annuellement le seuil du syndicat d'initiative local, ce qui souligne l'importance du tourisme de passage (les capacités d'hébergement étant réduites dans la ville haute).

A l'aide de la carte d'aléa, chaque îlot ou partie d'îlot s'est vu attribué la classe de gravité qui lui correspond, les chiffres de l'I.N.S.E.E. sur les populations résidentes rendant possible l'estimation du nombre de personnes concernées. Des fréquences d'accidents purement indicatives (en termes de morts, blessés et sans-abri) et un ordre de grandeur des coûts attenants (valeurs approximées à partir des statistiques de la Sécurité Sociale) ont permis d'évaluer les conséquences prévisibles, en coût et en nombre de victimes, susceptibles d'être engendrées, à terme, par les différents mouvements de terrain pouvant affecter la surface. Les chiffres proposés ci-dessous représentent les conséquences prévisibles à terme (plusieurs centaines d'années) sur les populations dans l'hypothèse où l'occupation du plateau reste sensiblement identique à ce qu'elle est aujourd'hui et que rien n'est fait pour mettre en sécurité les terrains de surface et les populations soumises aux différents risques d'instabilités.

Deux hypothèses ont été retenues pour évaluer la vulnérabilité humaine de LAON.

La première, hypothèse de sécurité minimale, attribue aux zones de cavités « possibles » une classe de gravité H_1 . Cette classe de gravité, identique à celle définie pour hiérarchiser l'aléa (cf § 3.3), correspond à l'occurrence possible d'accidents isolés dont les conséquences sur les populations sont très limitées. Les secteurs sous-cavés de façon « probable » et « certaine » sont, pour leur part, affectés d'un niveau H_2 qui correspond à l'occurrence possible d'effondrements susceptibles d'engendrer plusieurs victimes. Les simulations réalisées en l'absence de tout confortement de terrain font état, à long terme, de 5 morts, 52 blessés et 52 sans-abri (soit un coût estimé de 52 MF) si on considère uniquement l'occupation permanente de la ville. Les chiffres sont doublés si on intègre une correction résultant du caractère touristique de la ville de LAON.

La seconde hypothèse, plus conservatrice, inclut les zones de cavités « possibles » dans la classe H_2 correspondant à l'occurrence possible d'effondrements susceptibles d'engendrer plusieurs victimes. La probabilité d'accident étant plus importante dans ce type de zone, la vulnérabilité humaine sera, bien entendu, supérieure dans la seconde hypothèse que dans la première. On obtient ainsi 9 morts, 90 blessés et 90 sans abris (soit un coût total estimé de 87 MF) si on considère l'occupation uniquement permanente du site et 18 morts, 180 blessés et 180 sans abris (soit un coût estimé de 174 MF) si on intègre la caractéristique touristique de la ville.

4.2 Vulnérabilité économique

4.2.1 Occupation du sol

D'après une photographie aérienne de la zone sur laquelle a porté l'étude de vulnérabilité (légèrement plus étendue que celle du PPR), neuf postes d'occupation du sol ont pu être identifiés. Les cinq principaux, qui serviront à évaluer la vulnérabilité économique, sont :

- une zone agricole peu représentée (Cuve Saint-Vincent, terrains au pied du Mont d'Alouette) ;
- le centre ville qui englobe toute la vieille ville ainsi que les quartiers résidentiels, anciens et denses et tous les monuments historiques ;
- une zone pavillonnaire de quartiers récents et moins denses, limitée sur le plateau à quelques zones proches du lycée Paul Claudel, aux habitations bordant le Boulevard Michelet et l'Avenue de la République ainsi qu'à celles proches du quartier des Creuttes. Cette zone s'est vue aussi rattacher les zones urbanisées liant la ville haute à la ville basse ;
- les grands ensembles qui regroupent les habitats collectifs (plus de trois étages) et les grands équipements (nombreux) d'enseignement et de soins à l'exception de l'ancienne abbaye Saint-Vincent agrégée au centre ville ;
- une zone d'activités et de services qui reprend de façon approximative les limites des principales zones commerçantes du centre ville.

Les quatre postes complémentaires non pris en compte dans la méthodologie DRM sont les suivants :

- les forêts, friches, espaces verts et équipements sportifs de plein air (223,5 ha) ;
- le lotissement militaire (14,6 ha) ;
- l'habitat de type conurbation ville haute/ville basse (intégré aux zones pavillonnaires) ;
- les cimetières (2,5 ha).

Selon un principe sensiblement équivalent à celui utilisé pour évaluer la vulnérabilité humaine, ces différents postes sont décomposés suivant les niveaux d'aléa économique qui leur ont été affectés dans l'étude du BRGM. Les résultats apparaissent dans le *tableau 5*.

	Niveau E ₀	Niveau E ₁	Niveau E ₂	Niveau E ₃	Total
Zone agricole	11 ha	5 ha	0,7 ha		16,7 ha
Zone pavillonnaire	32 ha	23,8 ha	9,8 ha	1,8 ha	67,4 ha
Grands ensembles	2 ha	0,5 ha	32 ha	3,5 ha	38 ha
Zone d'activités			2,5 ha		2,5 ha
Centre ville		0,4 ha	30,4 ha	2,5 ha	33,3 ha
Total	45 ha	29,7 ha	75,4 ha	7,8 ha	157,9 ha

Tableau 5 : Répartition en surface des différents types d'occupation du sol.

Des données statistiques purement indicatives sur le degré d'endommagement des activités et sur les retombées financières des dégradations engendrées par les éventuels mouvements de terrain permettent de calculer la vulnérabilité économique des différents postes. Cette démarche a pour principal objectif d'identifier, à l'échelle de la commune, les îlots les plus vulnérables.

4.2.2 Le patrimoine historique de LAON

Cet aspect a été introduit dans cette partie car une proportion importante des bâtiments historiques constitue ou accueille des services générateurs d'emplois (musées, banques, hôpitaux, administrations...). Certains monuments sont gardés et d'autres sont encore habités. Ils présentent donc un intérêt économique non négligeable puisqu'ils génèrent, en terme d'emploi, nettement plus que le centième de la population résidente. Une attention toute particulière devra donc être apportée à leur mise en sécurité.

La butte de LAON, qui possède plus de 80 monuments historiques, fait l'objet d'un plan permanent de sauvegarde et de mise en valeur depuis 1992.

La plupart des monuments historiques se localisent sur le plateau de LAON, en région E₂. Ils sont donc exclus de la couronne très risquée E₃ (hormis les Portes d'Ardon, de Soissons, des Chenizelles et les fragments de remparts classés). Sans prétendre à l'exhaustivité, on peut néanmoins citer les principaux d'entre eux :

- la cathédrale ;
- l'église Saint-Martin ;
- la Tour Penchée ;
- l'étang des moines de l'abbaye Saint-Vincent ;
- la bibliothèque de l'ancienne abbaye Saint-Martin ;
- l'ancien palais épiscopal ;

- la maison des Arts et Loisirs ;
- l'Hôtel-Dieu ;
- le cloître ;
- la chapelle des Templiers ;
- le quartier des Creuttes ;
- la préfecture ;
- la mairie annexe, ancienne église Saint-Rémy ;
- la plus vieille maison de LAON ;
- le petit Saint-Vincent ;
- le petit Saint-Nicolas ;
- la batterie Morlot.

4.3 Vulnérabilité d'intérêt public

4.3.1 Les réseaux d'intérêt public

Les équipements d'intérêt public sont nombreux sur la ville haute de LAON. On peut citer en particulier :

- les axes de circulation ;
- les réseaux d'eau potable et d'assainissement ;
- la ligne du POMA 2000 et sa station en ville haute ;
- les réseaux EDF - GDF ;
- le réseau téléphonique.

La vulnérabilité de ces réseaux est maximale sur la couronne bordant le plateau (zone E₃) et, à un degré moindre, sur le plateau en lui-même (zone E₂). On notera à ce propos que les voies d'accès au plateau (Avenue Gambetta, ligne POMA et surtout la route de Soissons) se situent respectivement en niveaux d'aléa E₂ et E₃ et qu'une attention toute particulière devra être apportée à leur mise en sécurité afin de garantir aussi rapidement et sûrement que possible, et ce même en cas de catastrophe, l'arrivée des secours et l'évacuation des victimes.

Puisque les réseaux d'adduction et d'assainissement jouent un rôle primordial sur la dégradation des cavités souterraines et sur l'occurrence possible de glissements à la base du Lutétien, il sera de toute première nécessité de raccorder l'ensemble de la ville aux différents réseaux et de moderniser ou conforter ceux-ci afin de limiter les fuites dans les terrains.

4.3.2 Les bâtiments publics

Hormis les monuments historiques précités qui se situent à l'interface entre la vulnérabilité économique et la vulnérabilité d'intérêt public, les principaux bâtiments publics présents dans la zone d'étude sont les suivants :

- le lycée Paul Claudel ;
- le collège des Frères Lenain ;
- le lycée professionnel Lucie Daubié ;
- l'école de la Providence ;
- l'école libre P. Martinot ;
- l'école Champ Fleuri ;
- les écoles normales (IUT, IUFM) ;
- le centre hospitalier ;
- la maternité ;
- la Maison des Arts et Loisirs ;
- le Conseil général ;
- la Citadelle, la cité administrative...

Tous ces bâtiments se localisent sur le plateau, en ville haute, dans un niveau d'aléa E₂.

Leur spécificité et leur fréquentation devront évidemment être prises en compte et des études spécifiques pourront être entreprises pour évaluer les risques auxquels ils sont soumis et le type de travaux de mise en sécurité à envisager (si c'est nécessaire).

5. ZONAGE REGLEMENTAIRE DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES

Les phases informatives et d'étude de l'aléa ont mis en évidence que le plateau de LAON et les flancs de la butte sont soumis à des risques de mouvements de terrain de type effondrement, glissement ou ravinement. Au vu des résultats de l'étude de vulnérabilité, on est en droit de supposer que, si rien n'est entrepris, ces mouvements de terrain peuvent, à terme, avoir des conséquences dommageables importantes sur les biens et les personnes situés dans le secteur d'étude. Pour s'affranchir de ces différents risques, il est nécessaire d'envisager des principes préventifs permettant de garantir une mise en sécurité satisfaisante des terrains de surface.

5.1 Identification des différentes zones de prescription

La hiérarchisation d'un aléa et l'élaboration d'un zonage réglementaire sont deux démarches spécifiques dont les objectifs divergent fondamentalement. Si la première vise essentiellement à identifier les types de désordre susceptibles d'affecter la surface et leurs probabilités d'occurrence respectives, l'établissement d'un zonage réglementaire a pour but de délimiter des zones à l'intérieur desquelles des prescriptions et/ou des recommandations visant à mettre en sécurité les biens futurs et existants présents en surface sont définies.

Le zonage réglementaire s'appuie en particulier sur la nature des terrains et sur celle des travaux souterrains afin d'identifier le type d'études et/ou de travaux qu'il est nécessaire de mener à bien pour mettre en sécurité la surface. Dans le cas de LAON, l'accessibilité ou non des cavités souterraines influencera par exemple les prescriptions ou recommandations applicables à la surface sous-minée.

Le *tableau 6* indique, quelle que soit l'occupation du sol, le type de zonage adopté.

Niveau d'aléa	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5
Nature du phénomène					
Effondrement	<i>Z1</i>			<i>Z4_E</i>	<i>Z5_E</i>
Glissement		<i>Z2_G</i>	<i>Z3_{G-R}</i>		<i>Z5_G</i>
Ravinement					

Tableau 6 : Identification des différentes zones de prescription en fonction du niveau d'aléa et de la nature du phénomène susceptible d'affecter la surface .

Le territoire de la commune a été divisé en 6 zones :

- la zone **Z_{5G}** englobe l'ensemble des secteurs situés sur la couronne bordant le plateau. Ils correspondent à un niveau d'aléa très fort de glissement de terrain (affleurement des remblais et sables situés au-dessus de l'argile de LAON). Ce sont les zones les plus préoccupantes du périmètre car les risques d'instabilité sont importants (configuration très défavorable et assez nombreux exemples d'instabilité par le passé) et les moyens à mettre en oeuvre pour mettre en sécurité la surface et la rendre constructible exigent des coûts bien supérieurs à ceux qu'il est raisonnable d'engager pour une urbanisation traditionnelle de type pavillonnaire;
- la zone **Z_{5E}** couvre les secteurs de carrières situées sur le plateau qui, au jour de l'établissement de l'actualisation de l'étude d'aléa :
 - étaient en mauvais état ou en cours de destruction ;
 - étaient en bon état mais situées au-dessus d'une cavité creusée dans les sables ;
 - présentaient des indices de désordre souterrain ou de surface ;
 - étaient réputées cartographiées avec peu de précision ;
 - se situaient dans le secteur des Creutttes ;
- la zone **Z_{4E}** regroupe l'ensemble des terrains de surface soumis à un risque d'affaissement-effondrement légèrement moindre car situés :
 - à l'aplomb de secteurs de carrière connus et levés, en bon état et non situés au-dessus d'une cavité creusée dans les sables ;
 - dans les zones où l'existence d'anciennes exploitations souterraines peut être considérée comme « probable » ou « possible » ;
- la zone **Z_{3G-R}** couvre l'ensemble des terrains de surface soumis à un aléa glissement ou ravinement de niveau 3 (moyen à fort) ;
- la zone **Z_{2G}** couvre l'ensemble des terrains de surface soumis à un aléa glissement de niveau 2 (faible) ;
- la zone **Z₁** correspond au reste du périmètre défini dans le cadre du PPR. Elle regroupe l'ensemble des secteurs non sous-minés par des cavités artificielles connues à la date d'élaboration du document et ne présentant pas de profil de pente de nature à remettre en cause la stabilité de la surface. Ces terrains correspondent tous au niveau d'aléa le plus faible (nul à négligeable).

5.2 Marges de sécurité et de reculement relatives aux cavités souterraines

La hiérarchisation d'une partie de l'aléa s'appuie sur les contours des carrières reconnues qui ont été essentiellement levées par le Service des Carrières de la ville de LAON. **L'expérience montre néanmoins que les désordres en surface ne se limitent pas à l'emprise des secteurs sous-minés mais qu'ils peuvent présenter une extension latérale de nature à mettre en péril des terrains avoisinants.**

Du fait de cette extension latérale possible, certaines parcelles non sous-minées mais situées en bordure d'anciennes carrières peuvent de ce fait être affectées par les effets latéraux (effondrements ou décompressions de terrain) d'instabilités s'étant initiées dans les cavités voisines proches.

La démarche de l'aléa adoptée ne fait pas intervenir de marge de sécurité pour la cartographie de l'aléa en surface. La carte de zonage réglementaire, s'inspirant directement de cette cartographie, en sera donc également dépourvue.

Il demeure néanmoins indispensable de souligner cette notion dans l'élaboration du PPR. En effet, la mise en sécurité d'une parcelle ou d'une structure donnée ne peut être considérée comme satisfaisante si la reconnaissance et/ou le traitement des terrains se limitent à l'aplomb de cette structure. Il convient au contraire de s'assurer de la stabilité de l'ensemble des terrains et des cavités qui peuvent, de manière directe ou indirecte, compromettre la stabilité de la surface à mettre en sécurité.

Dans le cadre de l'application de cette démarche, deux types de marge peuvent être définies qui permettent, pour chaque structure ou parcelle concernée, de délimiter l'ensemble des terrains et cavités à conforter pour s'assurer de la mise en sécurité des personnes et du bâti.

5.2.1 La marge de sécurité

La marge de sécurité d'une structure englobe l'ensemble des terrains ne sous-minant pas directement la structure mais qui peuvent affecter sa stabilité et mettre en péril la vie des personnes qui y résident par l'occurrence d'un effondrement (type fontis ou effondrement localisé).

Ces terrains sont contenus à l'intérieur d'un volume que l'on peut décrire, par approximation, comme un cône tronqué renversé, dont le sommet est constitué de la surface à mettre en sécurité, la base étant pour sa part définie par l'enveloppe des cavités connues ou potentielles situées dans les sables. En plan, ce cône d'influence se projette sous la forme d'une couronne qui entoure la structure considérée (*figure 5*).

La marge de sécurité englobe uniquement les cavités qui peuvent engendrer des désordres suffisants pour menacer la vie des personnes se trouvant en surface. On raisonnera donc en terme d'angles de rupture et non d'angles d'influence, beaucoup plus ouverts.

Du fait des nombreuses configurations existantes et des possibles variations locales de la nature et de l'épaisseur des différents horizons qui constituent le sous-sol, seule une approche empirique de la largeur de cette marge est techniquement envisageable. Au vu du type de recouvrement rocheux rencontré, de la présence de remblais en surface et compte tenu de notre expérience dans des conditions géologiques semblables, cette largeur est fixée de la manière suivante :

- épaisseur de la **couche de remblais** multipliée par la tangente de l'angle de rupture correspondant (on prend ici 45° puisqu'il s'agit de terrains peu ou pas cohérents) ;
- épaisseur de la **couche de calcaire** exploitée multipliée par la tangente de l'angle de rupture correspondant (on prend ici 20° puisqu'il s'agit d'un matériau cohérent et généralement assez résistant) ;
- épaisseur de la **couche de sable** multipliée par la tangente de l'angle de rupture correspondant (on prend ici 45° puisqu'il s'agit de terrains peu cohérents et décomprimés car situés à proximité de cavités).

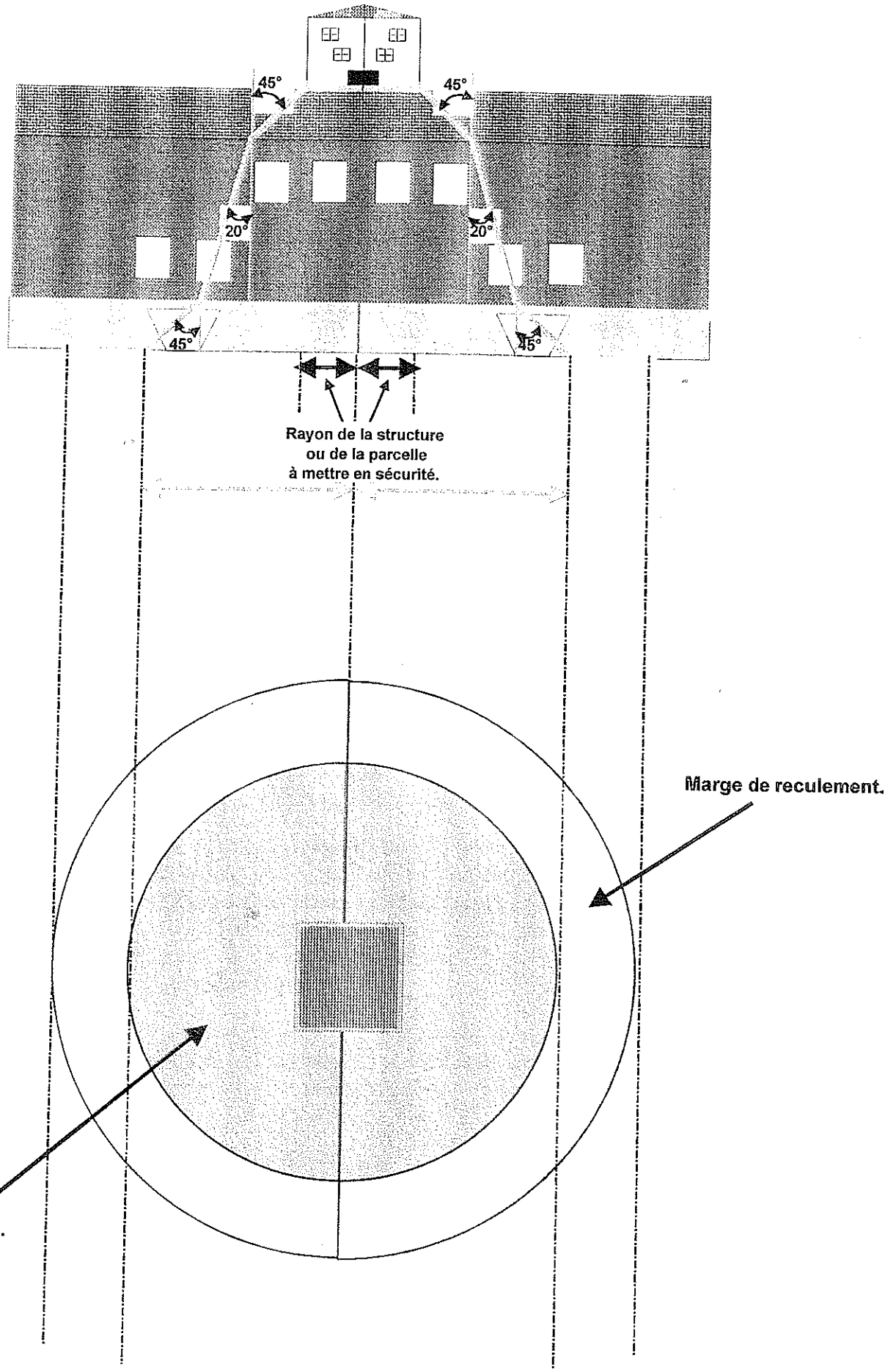


Figure 5 : Définition des différentes marges de sécurité et de reculment.

Compte tenu de l'épaisseur moyenne des couches constituant le Lutécien, la largeur de la marge de sécurité est fixée à **12 mètres** pour l'ensemble des structures. On considère en effet que, même en l'absence de cavités connues et reportées sur plan, on ne peut totalement exclure la présence de vides résiduels dans les sables en l'absence d'investigations plus poussées.

La mise en sécurité à terme, vis-à-vis des affaissements-effondrements des personnes résidant (de façon temporaire ou permanente) dans une structure de surface quelle qu'elle soit, exige le confortement des cavités et des terrains situés dans la marge de sécurité qui lui correspond. Le propriétaire de la surface, qu'il s'agisse de bâti existant ou futur, devra donc mettre en oeuvre les prescriptions, interdictions et/ou recommandations qui s'appliquent aux terrains et cavités lui appartenant situés dans l'emprise de la marge de sécurité.

Pour ce faire, il se reportera au zonage réglementaire et au règlement qui l'accompagne. Il veillera aussi à s'assurer que les prescriptions, interdictions et/ou recommandations s'appliquant aux terrains et cavités ne lui appartenant pas mais situés dans la marge de sécurité de son bien ont bien été mises en oeuvre.

5.2.2 Marge de reculement

La marge de reculement englobe l'ensemble des terrains et cavités qui, en cas d'effondrement voisin, peuvent, du fait de l'existence possible d'effets latéraux de décompression des terrains, engendrer des désordres au niveau du bâti (affectation des fondations, apparition de fissures) sans pour autant mettre en péril la vie des résidents.

Compte tenu de l'expérience, **la largeur de cette marge de reculement a été fixée**, pour l'ensemble des configurations, à **10 mètres**.

Lors du report sur plan, cette marge de reculement se projette sous la forme d'une couronne qui **s'ajoute** en limite extérieure de la marge de sécurité (*figure 5*).

L'objectif principal du PPR étant la mise en sécurité des personnes, le traitement des terrains et des cavités situés dans l'emprise de la marge de reculement d'une structure n'est pas aussi prioritaire que celui des terrains sous-minant la structure ou celui des terrains situés dans sa marge de sécurité. En ce qui concerne le bâti existant, les travaux de confortement et de reconnaissance s'appliquant à cette zone feront donc essentiellement l'objet de recommandations et non de prescriptions.

Concernant le bâti futur, la mise en sécurité totale des nouveaux bâtiments peut être exigée (personnes et biens). Le traitement des terrains et cavités inclus dans la marge de reculement d'une structure sera donc prescrit, dans la limite de l'appartenance des terrains au propriétaire de cette même structure.

Au-delà de la bordure extérieure de la marge de reculement, aucun désordre initié dans les travaux souterrains ne peut affecter en quoi que ce soit les aménagements de surface, étant donnée l'absence de répercussion en termes de :

- déformation de la surface ;
- dégradation des caractéristiques mécaniques des terrains sollicités par les fondations des superstructures.

5.3 Carte de zonage réglementaire

La carte de zonage réglementaire a été établie à l'échelle du 1/5000 sur l'ensemble du périmètre de l'étude prescrite par le préfet. Une couleur spécifique est attribuée à chaque zone de prescription.

Les dispositions générales réglementaires et les prescriptions et/ou recommandations spécifiques à chacune de ces zones, ainsi que les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde sont définies dans le règlement du plan de prévention.

6. BIBLIOGRAPHIE

- [1] J-P. JORRAND, 1986
Abreuvoir des dragons de la reine. Relevé architectural d'une construction menacée de destruction.
- [2] CETE SAINT-QUENTIN, 1990
Plan d'Exposition aux Risques. Mouvements de Terrain. Etude préliminaire. Dossier 90-506.
- [3] BRGM, 1990
LAON. Plan d'Exposition aux Risques. Mouvements de Terrain. Carte d'aléa. R33015.
- [4] BRGM, 1991
LAON. Plan d'Exposition aux Risques. Mouvements de Terrain. Carte d'aléa. Note de synthèse. R33437 PIC 4S 91.
- [5] J-P. JORRAND, 1991
Les fontaines de LAON. Généralités. Inventaire général de Picardie.
- [6] Laboratoires des Ponts et Chaussées, 1992-1993
Plan d'Exposition aux Risques de LAON vis-à-vis des glissements et affaissements de terrain et cavités. Monographies d'études et de recherche 1992-1993 du réseau des L.P.C.
- [7] J-P. JORRAND, 1993
Carrières et ouvrages souterrains de la ville de LAON.
Actes Journées Rencontres Niort.
- [8] BRGM, 1993
Perfectionnement de la méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité et du risque sur les PER. Mouvements de Terrain. R36866. Extraits sur LAON.
- [9] MONTAGNE D., 1994
Rapport sur l'état et les risques liés aux carrières de LAON. Inventaire général de Picardie.
- [10] J-P. JORRAND, 1991
LAON, une Acropole à la française. Inventaire général de Picardie.
- [11] ANTEA, 1995
Plan d'Exposition aux Risques de la ville de LAON. Aléa de mouvements de terrain.
Actualisation de l'étude BRGM de 1991.
- [12] INERIS, 1995
Plan de Prévention des Risques de LAON. Risques liés aux cavités souterraines.
Analyse synthétique des conditions de stabilité. Référence SSE-JWa/CS-31EZ14/R02.

- [13] INERIS, 1995
Plan de Prévention des Risques de LAON. Risques liés aux cavités souterraines. Propositions de dispositions applicables vis-à-vis du risque de mouvements de terrain liés aux carrières souterraines. Référence SSE-JTr/BS-31EZ14/R03.
- [14] BCEOM, 1995
Etude de la vulnérabilité au risque mouvement de terrain de l'agglomération de LAON.
- [15] Etude de Sols et Fondations, 1996
Etude hydrogéologique du Plateau de LAON du 11 septembre au 30 novembre 1995.
Référence 95-4369.
- [16] DELHAYE E., 1996
Urbanisation et cycle de l'eau : les enjeux à Laon depuis le XVIII^{ème} siècle.
Sociétés humaines et milieux humides en Picardie, CTHS, 1996, 216 p., p. 75-87.
- [17] DELHAYE E., 1997
Bilan de l'alimentation en eau et cartographie physico-chimique de l'aquifère du Lutécien à LAON. Complément d'étude.
- [18] Direction des Risques Majeurs.
Les études préliminaires à la cartographie réglementaire des risques naturels majeurs.
Editions de la Documentation Française, 1990.
- [19] Archives d'après collection Denis Montagne.
Rapport de 1917 sur l'état des fortifications de la ville de LAON.

7. LEXIQUE

<u>Arénaire</u> :	Cavité résultant de l'exploitation souterraine de niveaux sableux glauconieux de la base du Lutétien.
<u>Banc calcaire</u> :	Couche de roche calcaire.
<u>Banc induré</u> :	Couche de roche dure et résistante qui ne se brise qu'au marteau ou à la barre à mine.
<u>Banc de marche</u> :	Limite inférieure de la couche exploitée dans une carrière souterraine.
<u>Diaclase</u> :	Fissure naturelle affectant un massif rocheux, souvent en bordure de versant.
<u>Karst</u> :	Zone de dissolution dans un massif calcaire résultant d'anciennes circulations d'eau.
<u>Matériaux colluvionnés</u> :	Matériaux meubles déposés le long d'une pente et résultant de l'érosion du versant.
<u>Migration de cavités</u> :	Déplacement latéral de cavités dans les sables du fait de phénomènes de soutirage.
<u>Pendage</u> :	Inclinaison de couches géologiques.
<u>Piliers tournés</u> :	Masse de matériau laissé en place pour soutenir le ciel des galeries.
<u>Planche intermédiaire</u> :	Banc rocheux séparant deux niveaux d'exploitation.
<u>Poinçonnement</u> :	Action des piliers qui s'enfoncent dans le banc qui leur sert d'appui.
<u>Recouvrement</u> :	Terrains situés au-dessus d'une carrière souterraine.
<u>Remblais anthropiques</u> :	Masse de terre mise en place artificiellement pour élever un terrain ou combler un creux.
<u>Rupture tronconique</u> :	Rupture des terrains sous forme d'un tronc de cône ou d'un entonnoir.
<u>Sole des exploitations</u> :	Limite inférieure de la couche exploitée.
<u>Soutirage</u> :	Création de vide résultant du lessivage des particules les plus fines par écoulement de l'eau dans un milieu sableux.
<u>Stratigraphie perturbée</u> :	Présence d'hétérogénéités dans la constitution des roches.
<u>Substratum</u> :	Roche en place plus ou moins recouverte par des dépôts superficiels.
<u>Taux de défrusement</u> :	Pourcentage de vide laissé après exploitation de la carrière.
<u>Toit ou ciel d'une carrière</u> :	Surface supérieure d'une masse ou d'un gisement.

8. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation précise
Annexe 1	Tableau général récapitulant les désordres en surface répertoriés
Annexe 2	Carte informative
Annexe 3	Carte d'aléa
Annexe 4	Carte de zonage réglementaire

ANNEXE 1

TABLEAU GENERAL RECAPITULANT
LES DESORDRES EN SURFACE REPERTORIES

Numéro du désordre	Lien d'apparition	Nature du désordre	Dimensions	Date d'apparition ou d'observation	Source d'information	Observations générales
1 et 1bis	Porte Vinoux	Glissement	vol : 100000 m ³	< 1974	Rapport BRGM	Route coupée. Dégâts importants.
2	En aval de la rampe de Soissons	Glissement	long : 50 m		BRGM	Glissement dans le Cuisien initié par une érosion régressive.
3	Sente de Valézys	Glissement	long : 20 m	Mars 1991	BRGM	
4	Sente de Valézys	Glissement		Mars 1991	BRGM	
5	Chemin des Creuttes	Glissement	vol : 3500 m ³	Juin 1971	BRGM	Initié par une surcharge hydraulique.
6	Ruelle de la vieille Montagne	Glissement		1988	BRGM	Glissement dans le Cuisien initié par des conditions climatiques et la proximité d'une excavation.
7	Ruelle des Morts	Glissement			BRGM	Glissement dans le Cuisien initié par des conditions climatiques et une forte pente.
8	Rampe Saint-Just	Glissement	vol : 3000 m ³		CETE	
9	Promenade Saint-Just	Glissement	long : 20 m		BRGM	Initié par un tassement localisé du remblais.
10	Stade Bluquette	Glissement	vol : 6000 m ³	1989	CETE	Initié par une surcharge sur l'argile de Laon.
11	En amont du chemin des fonds Saint-Jean	Glissement	long : 150 m prof > 2 m		BRGM	Initié par une érosion régressive et un ravinement.
12	En aval du stade Bluquette	Glissement	prof < 2 m		BRGM	Initié par une érosion régressive.
13	Versant nord-ouest de l'Arsenal	Glissement	prof < 2 m		BRGM	
14	Versant nord de l'Arsenal	Glissement	long : 150 m prof > 2 m		BRGM	Initié par une érosion régressive.
15	Versant nord-est de l'Arsenal	Glissement	long : < 10 m prof < 2 m		BRGM	Initié par une érosion régressive.
16	Mur nord de l'Arsenal.	Glissement + rotation				Initié par une pression hydraulique.
17	Sente des Chenizelles	Glissement	vol : 150 m ³	Avril 1973	Mairie	Reconstruction du chemin.
18	Sente des Chenizelles	Glissement	prof < 2 m		BRGM	Initié par un aménagement de la sente et des conditions climatiques particulières.
19	11, 13 rue des Chenizelles	Écroulement-Glissement	long : 40 m	Juillet 1985	BRGM - Mairie	Initié par des infiltrations d'eau.
20	Aval de la sente des Chenizelles	Glissement	prof. > 2 m		BRGM	Remblai mal compacté + érosion hydraulique.
21	Versant sud-ouest de la Préfecture.	Glissement	long : 40 m		BRGM	

22	sous le Temple protestant	Glissement	larg. 20 m prof. < 2 m		BRGM	Initié par les conditions climatiques.
23	Aval du fort Morlot	Glissement	prof. < 2 m		BRGM	Initié par pente + conditions climatiques.
Numéro du désordre	Lieu d'apparition	Nature du désordre	Dimensions	Date d'apparition ou d'observation	Source d'information	Observations générales
24	Sud-ouest de la sente Morlot	Glissement	larg. 20 m prof. < 2 m		BRGM	Initié par une pente très forte et des conditions climatiques exceptionnelles.
25	Versant Morlot	Glissement	long. 30 m prof. > 2 m		BRGM	Initié par les conditions climatiques.
26	Versant de « la Madeleine »	Glissement	prof. > 2 m		BRGM	Initié par les conditions climatiques.
27	Rampe d'Ardon - ruelle Cayet	Glissement	vol : 200 m ³	Mai 1988	CETE	Initié par le percement d'un conduit d'assainissement.
28	Rampe d'Ardon	Glissement	vol : 100 m ³	Mars 1988	CETE	Initié par des arrivées d'eaux usées et pluviales.
29	Rampe d'Ardon - ruelle Cayet	Glissement	vol : 200 m ³	Nov. 1988	CETE	Initié par des arrivées d'eau dans une tranchée en tête de talus.
30	Rampe d'Ardon	Glissement	vol : 250 m ³	1980		Surcharge sur éboulis.
31	Sente de la Valise	Glissement	long. 3 à 4 m prof. > 2 m		BRGM	Initié par une infiltration d'eau.
32	Sente de la Valise	Glissement	long. 10 m		BRGM	Initié par une concentration du ruissellement.
33	Rampe reliant l'avenue Gambetta au rempart du Nord	Glissement	long. 1,50 m		BRGM	Initié par des conditions climatiques particulières.
34	CHS Prémontiré	Glissement	long. 40 m vol : 500 m ³			Initié par des arrivées d'eaux pluviales en crête et une percolation d'eaux usées dans le talus..
35	Rue Marcelin Berthelot	Ecrolement	long. 20 m dénivelé : 12 m	Déc. 1986	Mairie	Initié par des infiltrations d'eaux.
36	Rue de l'Eperon	Ecrolement	long. 10 m dénivelé : 6 m	Avril 1987	Mairie	Mur en mauvais état.
37	Rempart Milon de Martigny	Ecrolement			Mairie	Initié par les conditions climatiques.
38	3, rue Milon de Martigny	Ecrolement		après la seconde guerre mondiale	BRGM	Initié par des infiltrations d'eau liées au gonflement de la nappe.
39	Boulevard Gambetta	Ecrolement	long. 30 m dénivelé : 25 m	Avant 1987	CETE	Résulte probablement d'une érosion.
40	Promenade Couloire	Ecrolement		Fév. 1988	BRGM - Mairie	Traité par un mur en Tressol partiel
41	Propriété Rossini	Ecrolement	long. 10 m dénivelé : 9 m	Mai 1988	CETE	Mur en mauvais état et mal dimensionné. Mur en mauvais état et infiltrations d'eau.

42	Rempart sous le lycée Paul Claudel	Eroulement			Mairie	Initié par les conditions climatiques.
43	Rempart du nord.	Eroulement			Mairie	Initié par les conditions climatiques.
44	R.D. 7, Rampe de Soissons, rue de la vieille montagne.	Ravinement, coulée	Rigoles diffusées sur accotements et chemins	23/07/1988	Mairie	Orages et pluies (75 mm en 5 h 40 mn).
Numéro du désordre	Lieu d'apparition	Nature du désordre	Dimensions	Date d'apparition ou d'observation	Source d'information	Observations générales
45	Ruelle de la vieille montagne	Ravinement	long. 70 m prof. 1 m		BRGM	Exutoire d'une source.
46	Chemin des Froids-Culs	Ravinement			BRGM	Concentration du ruissellement.
47	Aval du cimetière Saint-Just	Ravinement		23/07/1988	BRGM	Orages et pluies (75 mm en 5 h 40 mn).
48	Sente de la Valise	Ravinement			BRGM	Concentration du ruissellement.
49	Talus entre la sente de la Valise et la citadelle	Ravinement	prof. 1,5 m		BRGM	Concentration du ruissellement.
50	Ouest de rampe reliant l'avenue Gambetta au rempart Nord	Ravinement			BRGM	Concentration du ruissellement.
51	Extrémité ouest de l'esplanade de la piscine	Effondrement	long. < 10 m		BRGM	
52	Rue Pierre Ceccaldi	Effondrement		après la 2 ^{ème} guerre mondiale	DRAC	
53	Rue Ernest Lavisse	Effondrement		années 1970	Mairie	
54	Carrefour rues Ceccaldi, Berthelot et Lavisse.	Effondrement		années 1970	Mairie	
55	Rue Marcelin Berthelot	Effondrement			BRGM	Maisons fermées.
56	Cimetière Saint-Just	Effondrement	long. 10 m			
57	69 rue Saint-Martin	Effondrement		Fév. 1991	Coupure de presse	Affaissement d'une voûte de cave ayant entraîné un arrêté de péril.
58	Rue des Creuttes	Affaissement	prof. 6 m	1991	DDE	Surcharge liée au passage de véhicules.
59	Rue Gabriel Hannotaux	Effondrement		04 Fév. 1991	Mairie	Deux maisons rasées.
60	Arsenal Saint-Vincent	Effondrement	Ø 10 m prof. 8 m.		Rapport SOGEO-POITIERS	
61	Secteur de « la Croix Rouge »	Effondrement			Mairie	
62	Ouest de l'escalier municipal	Effondrement			Mairie	Circulation d'eau à proximité de la surface.
63	Rue Thibazard	Effondrement	surf. 5 m²	1989	Rapport CEBTP-	Infiltrations d'eau ayant probablement engendré une

N°	Lieu d'apparition	Nature du désordre	Dimensions	Date d'apparition ou d'observation	Source d'information	REIMS	Observations générales
64	Cour de la caserne de l'ancien Hôtel-Dieu	Effondrement	long. 4 m	Avril 1907	Archives départementales	REIMS	rupture de piliers et de voûte. Rupture d'un égout suite à un affaissement de terrain.
65	Rue Châtelaine	Affaissement			Coupure de presse départementales		
66	Rue du Change, angle de la rue Châtelaine	Affaissement	long. 11 m prof. 6 m	1913, 1917, 1927, 1937	Archives départementales		Immeuble déclaré « en état de péril imminent ». Rupture de conduites d'eau.
67	Immeuble angleuelle des Neufiers - rue Châtelaine	Effondrement (x2)		24 et 25 mai 1989	Coupure de presse		Rupture d'une poutre. Arrêté de péril, relogement des familles.
N° du désordre							
68	10, place du Marché aux Herbes	Effondrement					Observations générales
69	Intersection rue de Signier - rue Paul Doumer	Effondrement	Ø 1 m prof. 2 m.	1986	Rapport IEGS		Mise en place d'une dalle.
70	Place du Parvis, côté nord de la cathédrale	Effondrement		1988	DRAC		Rupture d'un ancien puisard gallo-romain.
71	Glacis devant la Citadelle	Effondrement		1853	Archives départementales		
72	Rue Marcel Bleuet	Effondrement			Mairie		
73	45, rempart du Midi	Effondrement			Mairie		
74	Boulevard Gambetta	Ecrroulement	long. 30 m dénivelé 25 m	Avant 1994	CETE		Cf fiche n°39. Traitement par mur texsol partiel.
75	Boulevard Gambetta, promenade du Nord	Glissement	long. 25 m vol. 3000 m ³	20 mai 1994	ANTEA		Infiltration d'eau.
76	Rue Soveaux-Lycée Paul Claudel	Glissement					
77	Rue de la Valise	Glissement	long. 15 m				
101	22-24 rue Gabriel Hanotaux	Effondrement		05/02/1991	Service des Carrières de Laon		Arrêté de péril sur deux maisons qui seront rasées.
102	21, rue de l'Abbaye	Effondrement		1992 ?	idem		Fontis brusquement venu au jour. Terrains en mauvais état. Probables venues d'eau.
103	Rue Ernest Lavisse	Effondrement		1977	idem		Remblayé
104	11, 13 rue Ernest Lavisse	Effondrement			idem		Remblayé
105	11, 13 rue Marcelin Berthelot	Effondrement		1970	idem		Arrêt de péril sur deux maisons puis 3 maisons évacuées, abandonnées, murées.

106	10 rue Marcelin Berthelot	Effondrement		197?	idem	Remblayé
107	Rue André Soveaux	Tassement		1993	idem	Semble provenir d'un tassement lié au disfonctionnement d'un réseau d'évacuation d'eau.
108	5 rue Marcelin Berthelot	Fissuration de bâti		1992-1994	idem	
109	44 rue du 13 octobre	Effondrement		07/04/1977	idem	Rupture d'une canalisation d'eau + passage camion.
110	11 Place Saint-Julien	Effondrement		Ancien	idem	La cavité dans les sables est remplie d'eaux usées.
111	2 rue Thiberard	Effondrement		02/12/1988	idem	Fuite de canalisation + secteur très remanié + grande quantité de réseau souterrains. Arrêté de péril.
112	49 rue Saint-Jean	Effondrement		198?	idem	Remblayé.
Numéro du désordre	Lieu d'apparition	Nature du désordre	Dimensions	Date d'apparition ou d'observation.	Source d'information	Observations générales
113	Rue du Cloître Saint-Jean	Effondrement		1994	Service des Carrières de Laon	Rupture d'un branchement d'adduction d'eau. Maçonnerie de barrage et remblayage.
114	8, rue du Cloître Saint-Jean				idem	Remblayage sommaire.
115	12, rue du 13 octobre	Fissuration de bâti			idem	Carrière de calcaire connue, en mauvais état.
116	8 et 10 rue Sérurier	Effondrement		07/01/1986	idem	Rupture du parement intérieur d'un puits par projection d'eaux usées et pluvial. Arrêté de péril.
117	15 et 17 rue Sérurier	Effondrement	prof. 8 m		idem	Usure toit de carrière par venues d'eaux pluviales.
118	42 rue Châtelaine	Fissuration de bâti		1985	idem	Arrêtés de péril.
119	27, rue des Cordeliers	Effondrement		1992	idem	Effondrement d'une maçonnerie par venues d'eaux.
120	30 bis, rue Sérurier	Effondrement		30/06/1982	idem	Dégradation par cheminement d'eaux usées. Arrêté de péril.
121	51, rue Sérurier	Affouillement		1993	idem	
122	1, Place du Marché	Fissuration de bâti		1990	idem	Arrêté de péril.
123	Place du Parvis	Effondrement		1988	idem	Affaiblissement d'un toit de carrière par venue d'eau. Constitution d'un mur de barrage puis comblement.
124	Place Aubry	Effondrement		199?	idem	
125	Rue du Cloître	Fissuration de		Ancien	idem	

126		bâti						
127	Cité Administrative 4, rue Marcel Blenet	Effondrement Eroulement d'un puits			1990 1972	idem idem		Défaut d'entretien maçonnerie + utilisation du puits comme évacuation d'eaux usées. Arrêté de péril.
128	32, rue Georges Ermant	Effondrement			1956 puis 1993	idem		Dégradation par les eaux pluviales.
129	19, rue Georges Ermant	Effondrement			1988 puis 1992	idem		Fuite d'eau sous le domaine public. Pilier de briques poissonne puis disparait dans un vide sous-jacent.
130	24, rue Georges Ermant	Eboulement souterrain			1986	idem		Fuite d'eau à l'origine d'un poinçonnement de pilier.
131	24, rue Georges Ermant	Effondrement			14/02/92	idem		Poinçonnement général d'une galerie.
132	44, rue Vinchon	Effondrement			Ancien	idem		Poinçonnement général d'une carrière de pierre.
133	1, rue du renpart du Midi.	Affaissement			Constaté en 1995	idem		Fontis par apport d'eau dans une ancienne carrière inaccessible
134	Rue Paul Doumer	Effondrement			1990	idem		Observations générales
135	25, rue Paul Doumer	Effondrement			1986	idem		
Numéro du désordre	Lieu d'apparition	Nature du désordre	Dimensions	Date d'apparition ou d'observation	Source d'information			
136	16 rue Châtelaine	Fissuration de bâti		1993-1994	Service des Carrières de Laon			
137	Avenue de la République	Fissuration de bâti		1990-1991	idem			
138	28, rue Kennedy	Effondrement		1997	idem			
139	2, rue des Scots	Effondrement		1996	idem			Fontis venu à jour à proximité d'un puits.
140	Ancienne Abbaye Saint- Vincent	Effondrement		plus de 10 ans	idem			Fontis venu à jour à proximité d'un puits.
141	3, rue Georges Ermant	Eboulement		Observé en 1996	idem			Rupture de ciel.
142	42 rue du 13 octobre	Effondrement		1987	idem			Effondrement de puits.
201	Avenue de la République	Fissuration du bâti		1992	idem			Tassement de remblais
201bis	Avenue de la république	Glissement		1991-1995	idem			Glissement de terrasses.
202	Promenade Saint-Just	Glissement		1993	idem			Glissement lent dû à des apports d'eaux.
203	Rampe Saint-Marcel	Eroulement		1975 ?	idem			Désordre dans les sables.
204	Proche escalier municipal	Eroulement		1980	idem			Effondrement dans les sables.
205	Rue Pasteur	Glissement		1980 ?	idem			Initié par la rupture d'une canalisation.

206	Promenade de la Couloire	Ecrolement			idem	Rupture d'un mur de soutènement.
207	Rampe d'Ardon	Fissuration du bâti		24/02/1988	idem	Désordres importants.