

COMMUNE DE LOURDES

Plan de Prévention des Risques
Sismiques

(P.P.R.S.)

PROJET DE RAPPORT DE PRÉSENTATION

Table des matières

1. INTRODUCTION.....	4
1.1. LA DÉMARCHE GLOBALE DE GESTION DU RISQUE SISMIQUE.....	4
1.2. L'OBJET D'UN PPRN.....	5
1.3. LA JUSTIFICATION D'UN PPR SISMIQUE A LOURDES.....	15
1.4. LA STRUCTURE DU DOSSIER PPRS.....	16
1.5. LES DOMAINES COUVERTS.....	16
1.6. A QUI S'ADRESSE LE PPRS ?.....	18
1.7. LES ACTIONS MENÉES SUR LOURDES.....	18
2. LE CONTEXTE PHYSIQUE.....	20
2.1. CONTEXTE MORPHOLOGIQUE.....	20
2.2. CONTEXTE TECTONIQUE.....	22
2.3. CONTEXTE GÉOLOGIQUE.....	22
2.4. PRINCIPAUX SÉISMES CONNUS.....	24
3. LES ENJEUX.....	26
3.1. DESCRIPTION DU TERRITOIRE DE LOURDES.....	26
3.2. ENJEUX.....	26
4. PHÉNOMÈNES ET ALÉAS SISMQUES.....	27
4.1. EFFETS DE SITE LITHOLOGIQUES.....	28
4.2. EFFETS DE SITE TOPOGRAPHIQUES.....	29
4.3. LIQUÉFACTION DES SOLS.....	29
4.4. FAILLES ACTIVES.....	30
5. RÉGLEMENTATION NATIONALE SUR LE RISQUE SISMIQUE.....	31
5.1. UNE NOUVELLE RÉGLEMENTATION PARASISMIQUE DEPUIS 2011.....	31
5.2. CATÉGORIES DE BÂTIMENT.....	31
5.3. ZONAGE ET ACCÉLÉRATION ASSOCIÉE.....	32
5.4. CONDITIONS DE SOL.....	32
5.5. EFFETS DE SITE TOPOGRAPHIQUES.....	33
5.6. LIQUÉFACTION DES SOLS.....	33
6. CARACTÉRISATION DES NIVEAUX D'ALÉAS SISMQUES POUR LA COMMUNE DE LOURDES.....	34
6.1. EFFETS DE SITE LITHOLOGIQUES.....	34
6.2. EFFETS DE SITE TOPOGRAPHIQUES.....	41
6.3. LIQUEFACTION DES SOLS.....	43
6.4. PRÉSENCE DE FAILLES ACTIVES.....	44
7. LE PLAN DE ZONAGE ET LE RÉGLEMENT.....	47
7.1. LES PRINCIPES GÉNÉRAUX D'UN PLAN DE ZONAGE.....	47
7.2. LE PLAN DE ZONAGE DE LOURDES.....	48
8. BIBLIOGRAPHIE.....	54
8.1. TEXTES RÉGLEMENTAIRES ET LEGISLATIFS.....	54
8.2. NORMES.....	54
8.3. GUIDES.....	55
8.4. PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES.....	56
9. GLOSSAIRE.....	59
10. ANNEXE : DÉFINITION CATÉGORIE D'IMPORTANCE.....	64

Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique de la commune de Lourdes.....	8
Figure 2 : Commune de Lourdes.....	9
Figure 3 : Coupe structurale des Pyrénées (source Joseph Canérot: "Les Pyrénées, histoire géologique et itinéraires de découverte", 2008; Biarritz Atlantica et BRGM éditions).....	10
Figure 4 : Type de roches sur la commune de Lourdes sur fond topographique (d'après la carte géologique de la feuille n° 1052 de Lourdes 1/50 000 - BRGM).....	11
Figure 5 : Sismicité historique de la région de Lourdes (base de données SisFrance, BRGM-EDF-IRSN, www.sisfrance.net) et localisation des failles.....	13
Figure 6 : Aléa sismique régional.....	15
Figure 7 : Aléa sismique local.....	16
Figure 8 : Principe des effets de site topographiques.....	17
Figure 9 : Zonage spécifique des classes à effets de site lithologiques pour la commune de Lourdes (modifié d'après Bernardie et al., 2006).....	24
Figure 10 : Spectre de réponse des sols et période de résonance de bâtiment. Les immeubles élevés (ou souples) subissent une agression plus forte sur des sols meubles. A l'inverse, les effets de site associés à des sols rigides agressent plus nettement des constructions de faible hauteur.....	25
Figure 11 : zone géotechnique « Centre Ville » faisant partie de la classe de sol 1, avec une qualification de portance de sol de fondation faible à moyenne.....	27
Figure 12 : Niveaux d'aléa « effet de site lithologique » identifié sur la commune de Lourdes.....	28
Figure 13 : Zones susceptibles de présenter un effet de site topographique sur la commune de Lourdes (d'après Bernardie et al., 2006).....	30
Figure 14 : Cartographie de l'aléa liquéfaction sur Lourdes.....	32
Figure 15 : Plan de zonage PPRS pour la commune de Lourdes.....	40
Tableau 1 : Principaux séismes destructeurs à Lourdes (d'après SisFrance, BRGM-EDF-IRSN, 2016). Les intensités à Lourdes mentionnées avec (*) sont estimées à partir des observations connues sur d'autres communes.....	12
Tableau 2 : Contexte réglementaire pour la conception parasismique des bâtiments « à risque normal ».....	20
Tableau 3 : Classification des classes de sol selon les EC8 (NF EN 1998-1 sept 2005, Tab. 3-1).....	21
Tableau 4 : Qualification des formations rencontrées sur le territoire de Lourdes, en termes d'influence des effets de site.....	26
Tableau 5 : Principe de réglementation pour les effets de site lithologiques (MZ : microzonage sismique).....	29
Tableau 6 : Principe de réglementation pour les effets de site topographiques.....	31
Tableau 7 : Principe de réglementation pour la liquéfaction et le bâti neuf.....	33
Tableau 8 : Les zones du zonage réglementaire PPRN 2005 à Lourdes.....	37
Tableau 9 : Principe proposé pour la détermination des zones du plan de zonage de la commune de Lourdes.....	38

Parmi les phénomènes naturels, le séisme est un événement qui peut conduire à des conséquences graves, en termes de dommages affectant les constructions, de pertes en vies humaines et de perturbations socio-économiques, ainsi que d'effets potentiellement importants sur l'environnement. Il convient de noter que la majorité des pertes en vies humaines est due à des effondrements partiels ou d'ensemble des bâtiments.

L'État conduit des actions de prévention du risque sismique, notamment l'élaboration et la mise en œuvre d'un cadre législatif et réglementaire, et en particulier de Plans de Prévention des Risques Sismiques (PPRS), tels que prévus par les articles L.562-1 à L.562-9 et L.563-1 du code de l'environnement.

Les autres acteurs de la prévention des risques, et notamment les collectivités territoriales, sont associés à l'élaboration de ces Plans de Prévention des Risques Sismiques.

1.1. LA DÉMARCHE GLOBALE DE GESTION DU RISQUE SISMIQUE

Les risques naturels résultent du croisement d'un aléa (intensité et fréquence d'un phénomène naturel) et des enjeux (exposition à l'aléa, vulnérabilité de l'élément exposé, capacité de résilience). De façon générale, pour réduire le risque deux pistes sont possibles : réduire la probabilité d'occurrence d'un événement ou réduire sa gravité.

En comparaison à d'autres phénomènes naturels, il n'existe pas aujourd'hui de méthode scientifiquement établie pour prévoir avec certitude le moment et le lieu où un séisme se produira. La gestion du risque sismique consistera donc essentiellement à essayer de réduire sa gravité.

Démarche fondamentale à moyen et long termes, la prévention regroupe l'ensemble des dispositions à mettre en œuvre pour réduire l'impact d'un phénomène naturel prévisible sur les personnes et les biens avant qu'il ne se produise. La construction parasismique est l'outil de prévention qui permet de diminuer la vulnérabilité du bâti face au risque sismique et demeure ainsi un des moyens le plus efficace de se protéger.

La prévention consiste également à éviter d'exposer les personnes et les biens par la prise en compte du risque dans la vie locale et notamment dans l'utilisation et l'aménagement du territoire communal.

1.2. L'OBJET D'UN PPRN

Créé par la loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, le PPRN s'est substitué aux différentes procédures préexistantes en matière de prévention des risques naturels (plans d'exposition aux risques, plans de surfaces submersibles, périmètres de risque au titre de l'article R. 111-3 du code de l'urbanisme...). Conformément à l'article L. 562-1 du code de l'environnement, il a notamment pour objet d'élaborer des règles d'urbanisme, de construction et de gestion selon la nature et l'intensité des risques. Il peut également définir des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde devant être prises par les collectivités et par les particuliers, ainsi que des mesures de prévention sur les biens existants devant être prises par les propriétaires, les exploitants ou les utilisateurs. Il vaut servitude d'utilité publique et il est annexé aux documents d'urbanisme (article L. 562-4 du code de l'environnement).

Les dispositions législatives et réglementaires relatives au PPRN sont codifiées par les articles L. 562-1 à L. 562-9 et R. 562-1 à R. 562-12 du code de l'environnement.

Un document élaboré par l'État

La loi énumère de manière indicative, sans toutefois être exhaustive, les risques naturels qui peuvent conduire à l'élaboration d'un PPRN.

Les inondations visent plus particulièrement les débordements de cours d'eau, les submersions marines, le ruissellement et les remontées de nappe.

Les mouvements de terrain comprennent notamment les glissements et les coulées de boue associées et fluages, les éboulements et chutes de blocs, les effondrements et affaissements dus à des cavités, et les tassements par retrait des sols sensibles au phénomène de retrait gonflement.

Article L. 562-1 du code de l'environnement

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

Le préfet est le responsable de la procédure d'élaboration des PPRN, au nom de l'État, depuis sa prescription jusqu'à son approbation. Les collectivités territoriales et les établissements publics de coopération intercommunale concernés sont associés à l'élaboration du projet de PPRN.

Le projet de PPRN, dont le périmètre d'études est défini préalablement à sa prescription, comprend la réalisation d'études portant sur la qualification des aléas et l'évaluation des enjeux, ainsi que l'élaboration du zonage réglementaire et la rédaction du règlement.

Les pièces constitutives du PPRN

Le PPRN est composé de trois pièces : une note de présentation, un ou plusieurs documents graphiques délimitant les zones réglementaires et un règlement.

Article R. 562-3 du code de l'environnement

Le dossier de projet de plan comprend :

1° Une note de présentation indiquant le secteur géographique concerné, la nature des phénomènes naturels pris en compte et leurs conséquences possibles, compte tenu de l'état des connaissances ;

2° Un ou plusieurs documents graphiques délimitant les zones mentionnées aux 1° et 2° du II de l'article L. 562-1 ;

3° Un règlement précisant, en tant que de besoin :

a) les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune de ces zones en vertu des 1° et 2° du II de l'article L. 562-1 ;

b) les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde mentionnées au 3° du II de l'article L. 562-1 et les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existant à la date de l'approbation du plan, mentionnées au 4° de ce même II. Le règlement mentionne, le cas échéant, celles de ces mesures dont la mise en œuvre est obligatoire et le délai fixé pour celle-ci.

Un objectif de maîtrise de l'exposition des personnes et des biens aux risques naturels

Les principes de délimitation des zones réglementaires

L'article L. 562-1 du code de l'environnement définit l'objet du PPRN :

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

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

2° de délimiter les zones qui ne sont pas directement exposées aux risques, mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient aggraver des

risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues au 1°.

Ces dispositions concernent les nouveaux projets de construction, ainsi que les projets d'extensions, de changements de destination, de démolitions/reconstructions ou de reconstructions après sinistre de biens existants, qui sont, comme tout projet soumis à une déclaration de travaux ou à l'obtention préalable d'un permis de construire, réglementés au titre du code de l'urbanisme.

Dans les zones exposées aux risques, l'objectif est d'assurer la sécurité des personnes et de ne pas augmenter la vulnérabilité des biens et des activités.

Dans les zones non directement exposées aux risques, le but est de réglementer les modifications de l'usage du sol telles que des constructions, des aménagements, des exploitations diverses, qui pourraient aggraver les risques ou en créer de nouveaux. Ces zones peuvent également jouer un rôle de protection à préserver, tels que les zones d'expansion des crues et certains massifs boisés vis-à-vis des avalanches ou des chutes de blocs par exemple.

L'article L. 562-8 du code de l'environnement définit également des principes applicables aux parties submersibles des vallées et aux autres zones inondables.

Article L. 562-8 du code de l'environnement

Dans les parties submersibles des vallées et dans les autres zones inondables, les plans de prévention des risques naturels prévisibles définissent, en tant que de besoin, les interdictions et les prescriptions techniques à respecter afin d'assurer le libre écoulement des eaux et la conservation, la restauration ou l'extension des champs d'inondation.

La maîtrise des projets

Dans les secteurs délimités au titre de l'article L. 562-1-II alinéas 1° et 2° précités, le PPRN a pour objet de maîtriser l'urbanisation conformément aux principes généraux suivants :

- la constructibilité doit être appréciée au regard de la nature et de l'intensité du risque ;

- les zones d'aléa fort sont soumises à un principe d'interdiction des constructions futures. Cependant, dans les centres urbains denses, afin de permettre la gestion de l'existant et le renouvellement urbain, des adaptations à ce principe peuvent être envisagées, si elles n'aggravent pas l'exposition au risque des personnes. Dans les zones exposées par exemple à un aléa sismique fort ou à un aléa fort de retrait-gonflement des argiles, les projets seront soumis à des prescriptions constructives visant à renforcer la résistance au phénomène et à en limiter les conséquences ;

- dans les autres zones d'aléas, les constructions sont rendues possibles sous réserve du respect des prescriptions définies par le PPRN. En fonction du contexte

local, certaines zones pourront être rendues inconstructibles (zones d'expansion de crues par exemple).

Les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde

Article L. 562-1 du code de l'environnement

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

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

Article R. 562-4 du code de l'environnement

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

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

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

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

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

Ces mesures ont pour finalité :

- de diminuer l'intensité ou les conséquences des aléas ;
- d'atténuer les effets de l'événement sur la population et les biens.

Les prescriptions peuvent porter par exemple sur la création, l'entretien d'ouvrages de protection ou de cours d'eau par les collectivités.

La réduction de la vulnérabilité des constructions existantes

Article L. 562-1 du code de l'environnement

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

4° de définir, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages,

des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.

Article R. 562-5 du code de l'environnement

I. - En application du 4° du II de l'article L. 562-1, pour les constructions, les ouvrages ou les espaces mis en culture ou plantés, existant à sa date d'approbation, le plan peut définir des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde. Toutefois, le plan ne peut pas interdire les travaux d'entretien et de gestion courants des bâtiments implantés antérieurement à l'approbation du plan ou, le cas échéant, à la publication de l'arrêté mentionné à l'article R. 562-6, notamment les aménagements internes, les traitements de façade et la réfection des toitures, sauf s'ils augmentent les risques ou en créent de nouveaux, ou conduisent à une augmentation de la population exposée.

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

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

Ces prescriptions ont pour vocation :

- d'assurer la sécurité des personnes ;
- de réduire les dommages aux biens ;
- de favoriser le retour à la normale, après la crise.

Quelques exemples de prescriptions :

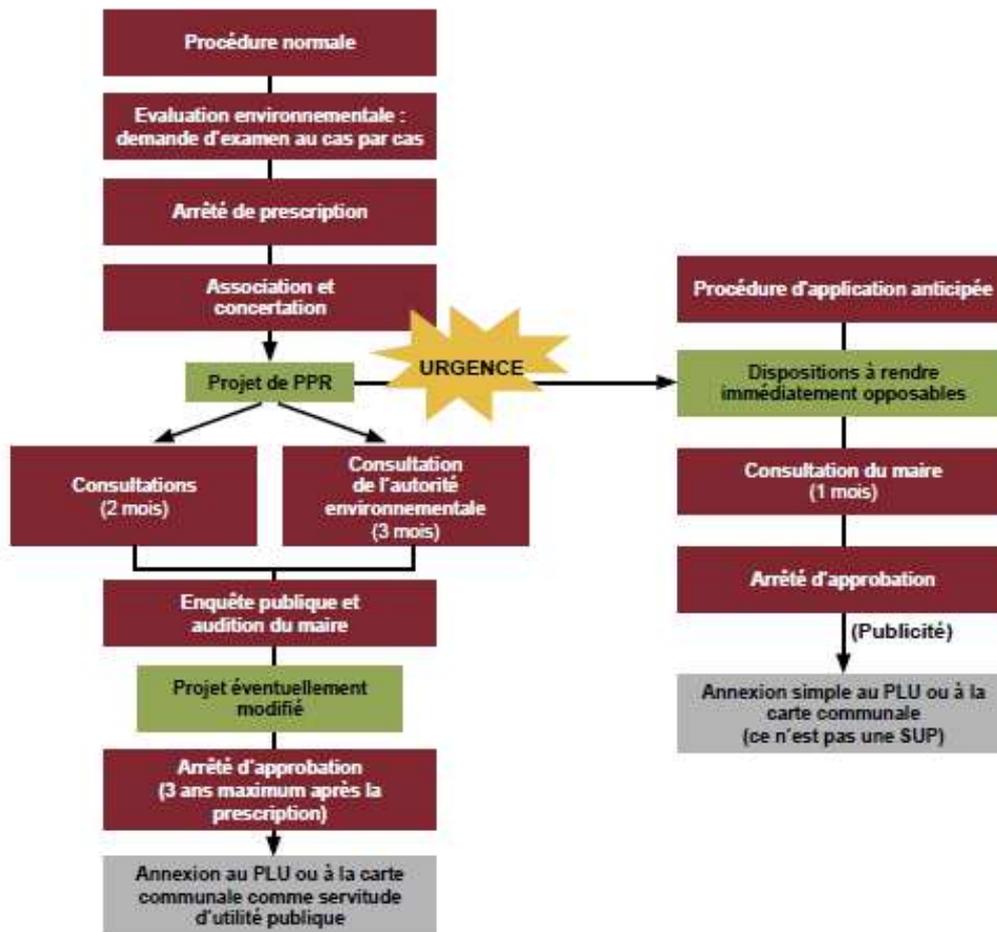
- en zones inondables, la réalisation d'un espace refuge ou d'une issue d'évacuation au-dessus de la cote de référence ;
- dans les zones soumises aux avalanches, la pose de volets résistant à une certaine pression sur les murs faisant face à la pente ;
- dans les zones sismiques, l'amarrage des cheminées ou mâts situés sur les toits.

La procédure administrative d'élaboration du PPRN :

Elle est définie aux articles R. 562-1 à 10 du code de l'environnement.

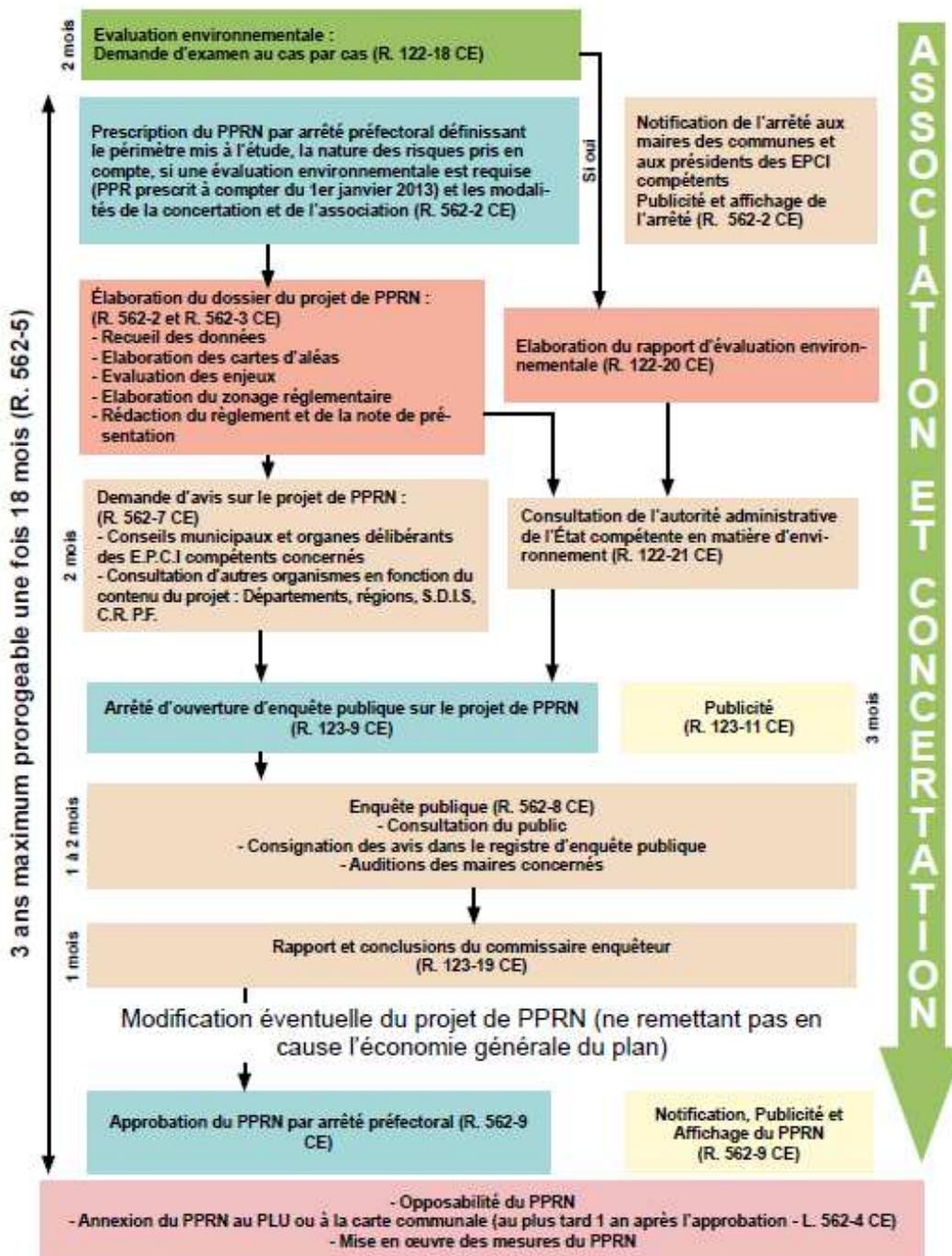
Elle se déroule en plusieurs étapes dans un cadre de concertation et d'association tout au long de la procédure :

Figure 3. Schéma général d'élaboration du PPRN



- la saisine de l'autorité environnementale pour examiner au cas par cas les PPRN et déterminer s'ils doivent faire l'objet d'une évaluation environnementale ;
- l'arrêté de prescription ;
- la consultation de l'autorité environnementale dans le cas de la réalisation d'une évaluation environnementale du PPRN ;
- la consultation officielle des collectivités et des services ;
- l'enquête publique, précédée d'un arrêté de mise à l'enquête ;
- l'arrêté d'approbation.

Figure 4. Schéma détaillé d'élaboration d'un PPRN



Les motifs de la révision du PPRN

La révision du PPRN peut être motivée par trois facteurs :

- la prise en compte de nouvelles informations (caractéristiques des risques, évolution de la vulnérabilité...);
- l'intégration des enseignements de l'application du PPRN en cours ;
- la réalisation de travaux identifiés dans le PPRN.

Cette dernière possibilité est explicitée dans la circulaire du 28 novembre 2011 relative au décret n°2011-765 du 28 juin 2011 concernant la procédure d'élaboration, de révision et de modification des plans de prévention des risques naturels prévisibles.

Cette circulaire définit les principes suivants :

" Au cours de l'élaboration d'un PPRN, des travaux de protection peuvent être envisagés, voire prescrits par le PPRN dans le but de réduire le risque affectant les constructions existantes et de protéger les lieux fortement urbanisés.

Article L. 562-4-1 du code de l'environnement

I. Le plan de prévention des risques naturels prévisibles peut être révisé selon les formes de son élaboration. Toutefois, lorsque la révision ne porte que sur une partie du territoire couvert par le plan, la concertation, les consultations et l'enquête publique mentionnées à l'article L. 562-3 sont effectuées dans les seules communes sur le territoire desquelles la révision est prescrite.

Article R. 562-10 du code de l'environnement

Le plan de prévention des risques naturels prévisibles peut être révisé selon la procédure décrite aux articles R. 562-1 à R. 562-9. Lorsque la révision ne porte que sur une partie du territoire couvert par le plan, seuls sont associés les collectivités territoriales et les établissements publics de coopération intercommunale concernés et les consultations, la concertation et l'enquête publique mentionnées aux articles R. 562-2, R. 562-7 et R. 562-8 sont effectuées dans les seules communes sur le territoire desquelles la révision est prescrite.

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

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

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

Les motifs, les principes et les modalités de la modification du PPRN

Article L. 562-4-1 du code de l'environnement

II. Le plan de prévention des risques naturels prévisibles peut également être modifié.

La procédure de modification est utilisée à condition que la modification envisagée ne porte pas atteinte à l'économie générale du plan. Le dernier alinéa de l'article L. 562-3 n'est pas applicable à la modification. Aux lieu et place de l'enquête publique, le projet de modification et l'exposé de ses motifs sont portés à la connaissance du public en vue de permettre à ce dernier de formuler des observations pendant le délai d'un mois précédant l'approbation par le préfet de la modification.

Article R. 562.10-1 du code de l'environnement

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

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

Les effets et les sanctions au non-respect du PPRN :

Figure 10. Effets du PPRN sur différents champs d'application

Champs d'application	Effets du PPRN	
	PPRN prescrit	PPRN approuvé
Urbanisme		Le PPRN vaut servitude d'utilité publique. Il s'impose aux porteurs de projet. Toutes les autorisations d'urbanisme doivent être délivrées en conformité avec le PPRN.
		Le PPRN est annexé au PLU et aux cartes communales
		Le PPRN est applicable dès son approbation
		Si le PLU existe et qu'il y a trop de discordances avec le PPRN, il est recommandé de le mettre en révision (pas obligation réglementaire)
		Si le PLU en cours d'élaboration ou de révision, prise en compte des dispositions du PPRN dans les orientations stratégiques de développement de la commune
	Les cartes d'aléas validées par la DDT sont portées à connaissance des collectivités	
	Un arrêté de prescription par anticipation sur une partie ou la totalité du périmètre du PPRN peut être pris par le préfet et s'appliquer immédiatement sur l'urbanisme futur.	
Information et protection de la population	Information obligatoire des acquéreurs-locataires.	Information obligatoire des acquéreurs-locataires.
	Obligation d'information de la population par le maire au moins tous les deux ans	Obligation d'information de la population par le maire au moins tous les deux ans
		Obligation d'élaboration du plan communal de sauvegarde dans un délai de deux ans après l'approbation du PPRN
Assurance	Arrêt provisoire de la modulation de franchise CATNAT pour un délai de quatre ans.	Arrêt définitif de la modulation de franchise CATNAT.
Financement des études et des travaux de prévention des risques	Subventions aux collectivités par le FPRNM des études et des travaux s'inscrivant dans une démarche globale de prévention.	Subventions aux collectivités par le FPRNM des études et des travaux s'inscrivant dans une démarche globale de prévention.
		Subventions aux particuliers et aux entreprises de moins de 20 salariés des études et des travaux portant sur les bien existants et rendus obligatoires par le PPRN.

Les sanctions administratives

L'article L. 562-1-III du code de l'environnement dispose que « la réalisation des mesures prévues aux 3° et 4° du II peut être rendue obligatoire en fonction de la nature et de l'intensité du risque dans un délai de cinq ans, pouvant être réduit en cas d'urgence. A défaut de mise en conformité dans le délai prescrit, le préfet peut, après mise en demeure non suivie d'effet, ordonner la réalisation de ces mesures aux frais du propriétaire, de l'exploitant ou de l'utilisateur ».

Les moyens d'actions

L'article L. 171-8 du code de l'environnement précise toutes les mesures nouvelles applicables pour sanctionner le non-respect des prescriptions d'un PPRN :

« I.-Indépendamment des poursuites pénales qui peuvent être exercées (celles-ci ressortent de la lettre de l'article L. 562-5 du code de l'environnement), en cas d'inobservation des prescriptions applicables en vertu du présent code aux installations, ouvrages, travaux, aménagements, opérations, objets, dispositifs et activités, l'autorité administrative compétente met en demeure la personne à laquelle incombe l'obligation d'y satisfaire dans un délai qu'elle détermine. En cas d'urgence, elle fixe les mesures nécessaires pour prévenir les dangers graves et imminents pour la santé, la sécurité publique ou l'environnement.

Lorsque la mise en demeure désigne des travaux ou opérations à réaliser et qu'à l'expiration du délai imparti l'intéressé n'a pas obtempéré à cette injonction, l'autorité administrative compétente peut :

1° L'obliger à consigner entre les mains d'un comptable public avant une date qu'elle détermine une somme correspondant au montant des travaux ou opérations à réaliser. La somme consignée est restituée au fur et à mesure de l'exécution des travaux ou opérations.

Cette somme bénéficie d'un privilège de même rang que celui prévu à l'article 1920 du code général des impôts. Il est procédé à son recouvrement comme en matière de créances de l'État étrangères à l'impôt et au domaine.

Le comptable peut engager la procédure d'avis à tiers détenteur prévue par l'article L. 263 du livre des procédures fiscales. L'opposition à l'état exécutoire pris en application d'une mesure de consignation ordonnée par l'autorité administrative devant le juge administratif n'a pas de caractère suspensif ;

2° Faire procéder d'office, en lieu et place de la personne mise en demeure et à ses frais, à l'exécution des mesures prescrites ; les sommes consignées en application du 1° sont utilisées pour régler les dépenses ainsi engagées ;

3° Suspendre le fonctionnement des installations et ouvrages, la réalisation des travaux et des opérations ou l'exercice des activités jusqu'à l'exécution complète des

conditions imposées et prendre les mesures conservatoires nécessaires, aux frais de la personne mise en demeure ;

4° Ordonner le paiement d'une amende au plus égale à 15 000 euros et une astreinte journalière au plus égale à 1 500 euros applicable à partir de la notification de la décision la fixant et jusqu'à satisfaction de la mise en demeure.

Les dispositions des deuxième et troisième alinéas du 1° s'appliquent à l'astreinte. Les amendes et les astreintes sont proportionnées à la gravité des manquements constatés et tiennent compte notamment de l'importance du trouble causé à l'environnement.

L'amende ne peut être prononcée plus d'un an à compter de la constatation des manquements.

Les mesures prévues aux 1°, 2°, 3° et 4° ci-dessus sont prises après avoir informé l'intéressé de la possibilité de présenter ses observations dans un délai déterminé ».

1.3. LA JUSTIFICATION D'UN PPR SISMIQUE A LOURDES

Le risque sismique est pris en compte dans l'urbanisme, soit par le biais d'un PPR multirisque incluant le risque sismique ou par celui d'un Plan de Prévention des Risques Sismiques (PPRS), outil élaboré pour pérenniser la prévention des phénomènes sismiques.

Un PPRS s'appuie généralement sur une étude technique appelée microzonage sismique réalisée à une échelle adaptée à une commune ou une agglomération urbaine. Ce type d'étude fournit une évaluation fine de l'aléa sismique local, intégrant la présence de failles potentiellement actives, les effets directs du séisme (amplification des mouvements du sol liée à la nature du sous-sol ou à sa topographie) et ses effets induits (liquéfaction des sols, mouvements de terrain).

Les PPR Sismiques intègrent les particularités de l'aléa local, qui ne peuvent pas être prises en compte par la réglementation nationale. Ils peuvent fixer des règles de construction mieux adaptées à la nature et à la gravité du risque que les règles en vigueur, sous réserve qu'elles garantissent une protection au moins égale à celle qui résulterait de l'application de ces dernières règles.

La région des Pyrénées autour de Lourdes est soumise à une activité sismique régulière, avec des secousses fréquemment ressenties (cf. paragraphe 2.4. Principaux séismes connus).

Historiquement, le séisme du 24 mai 1750 à Juncalas a occasionné des dégâts importants sur Lourdes à l'époque (intensité VIII). Le dernier séisme fortement ressenti à Lourdes est celui d'Argelès-Gazost, le 17 novembre 2006 avec une

intensité ressentie (EMS-98)¹ de VI (dégâts légers) (BCSF, 2007, SISFRANCE, 2009). Il n'a pas donné lieu à une reconnaissance d'état de catastrophe naturelle. Lourdes n'est donc pas à l'abri de secousses sismiques importantes avec des effets destructeurs.

La prescription du présent Plan de Prévention des Risques Sismiques se justifie pour orienter les démarches de réduction de la vulnérabilité du bâti de la commune. **Le PPRS de Lourdes a donc été prescrit le 8 juin 2007 par l'État sur la commune de Lourdes.**

Le périmètre de ce PPRS est la commune dans sa totalité et l'aléa concerné pour ce PPRS est uniquement l'aléa sismique.

Remarque : L'aléa mouvement de terrain qui est une composante pour la détermination de l'aléa sismique n'est pas étudié dans ce PPR. Ce risque a déjà fait l'objet d'un PPR sur Lourdes.

1.4. LA STRUCTURE DU DOSSIER PPRS

Le présent rapport de présentation est l'une des trois pièces constitutives d'un dossier de PPRS, avec le zonage réglementaire et le règlement. Le dossier final est ainsi composé :

- du présent **rapport de présentation**, qui contient l'analyse des phénomènes et aléas sismiques, l'étude de leur impact sur les biens futurs et sur l'existant, les principes d'élaboration du PPRS et l'exposé des motifs du règlement ;
- d'une **carte réglementaire** à l'échelle du 1:10 000, qui délimite les zones réglementées par le PPRS ;
- d'un **règlement** qui précise les règles s'appliquant à chaque zone.

Une fois approuvé, le PPR constitue une servitude d'utilité publique affectant l'utilisation du sol et s'impose à tous ; il devra être annexé au plan local d'urbanisme (PLU).

1.5. LES DOMAINES COUVERTS

Les aléas sismiques pris en compte dans le présent PPR Sismique, concernent les effets directs et les effets induits consécutifs à la survenance d'un séisme :

- Les effets de site topographiques liés au relief,
- Les effets de site lithologiques liés à la nature du sol,
- Les phénomènes de liquéfaction.

¹Sauf spécification contraire, toutes les intensités présentées dans le rapport sont exprimées sur l'échelle MSK (voir Glossaire).

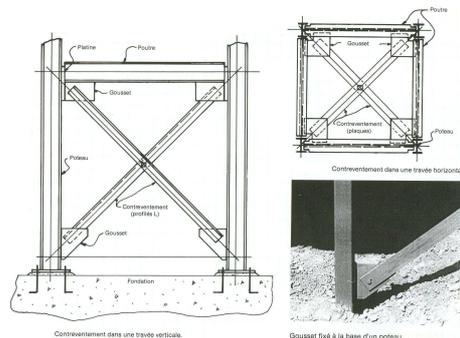
Ainsi, des prescriptions particulières seront définies dans les zones à effets de site (topographiques ou lithologiques) et dans les zones soumises à la liquéfaction. Le projet de règlement précisera les mesures associées à chacune des zones du document cartographique.

Après avoir été analysée, la présence de failles supposées actives a été jugée non exploitable à des fins réglementaires. D'autre part, les mouvements de terrain, déjà pris en compte dans le PPRN de 2005, ne sont pas traités dans ce règlement.

Le présent PPRS s'applique aux bâtiments à « risque normal »² selon le code de l'environnement, c'est-à-dire pour lesquels les conséquences d'un séisme demeurent circonscrites à leurs occupants et à leur voisinage immédiat. Il distingue des préconisations pour les constructions neuves et pour les bâtiments existants.

Sont assimilés à une construction nouvelle, les projets suivants :

- tout ouvrage neuf,
- tout projet de reconstruction d'un bâtiment sinistré,
- tous travaux sur un bâtiment existant, ayant pour objet d'augmenter la surface habitable initiale de plus de 20%, ou de supprimer plus de 30% de planchers à un niveau donné, ou de supprimer plus de 20% du contreventement vertical,



exemple de contreventement

- tous travaux sur un bâtiment existant des catégories d'importance III et IV, (défini dans le code de la construction et de l'habitation - voir définition en annexe) ayant pour objet de mettre en place des équipements lourds en toiture,
- tout changement de destination conduisant à un classement dans une catégorie d'importance supérieure.

² Les bâtiments de la classe dite « à risque normal » sont les bâtiments appartenant aux catégories d'importance II, III et IV selon l'arrêté ministériel du 22 octobre 2010 [modifié le 19 juillet 2011 et le 25 octobre 2012, relatif à la classification et aux règles de construction parasismique](#) entré en vigueur le 1er mai 2011.

1.6. A QUI S'ADRESSE LE PPRS ?

Destiné aux citoyens, aux élus et aux services instructeurs, le rapport de présentation PPRS a pour fonction d'expliquer la démarche et le contenu du PPRS. Il vise à justifier de l'opportunité de la réglementation mise en place par le PPRS.

Quant au règlement et au plan de zonage réglementaire, ils définissent les zones réglementées et fournissent les dispositions à appliquer par le Maître d'Ouvrage qui prévoit la réalisation de bâtiments de la classe dite à risque normal. Le règlement s'adresse, en particulier, aux concepteurs (architectes, ingénieurs) en charge de la conception et du dimensionnement de ces bâtiments, ainsi qu'aux contrôleurs techniques pour vérifier le respect des prescriptions données.

1.7. LES ACTIONS MENÉES SUR LOURDES

Depuis 2006, la direction départementale des territoires des Hautes-Pyrénées travaille en étroite collaboration avec la commune de Lourdes afin d'élaborer au mieux ce document et porter le risque sismique à la connaissance de tous.

2006 : Étude de micro-zonage par le BRGM sous maîtrise d'ouvrage de la ville de Lourdes avec financement et accompagnement des services de l'État. Il s'agit de l'étude technique nécessaire à l'élaboration d'un plan de prévention du risque sismique.

2007 : Prescription du PPRS de Lourdes le 8 juin 2017.

2008 : Exposition itinérante sur le risque sismique (Sismotour) à destination du grand public. L'exposition a comme objectif de sensibiliser la population à ce risque peu connu.

2008 : Lancement d'étude financée par l'État pour connaître la vulnérabilité des bâtiments sur la ville de Lourdes (instrumentation tour de l'Ophite et thèse ENIT).

2009 : Test d'un référentiel des règles de construction sur des chantiers témoins.

2010 : Lancement de l'étude de présomption de vulnérabilité sismique et de pertinence de renforcement sur les bâtiments de classe C et D et l'ensemble des établissements scolaires de la commune de Lourdes (65) par l'État pour connaître la vulnérabilité des bâtiments sur la ville de Lourdes .

2006-2012 : Organisation dans les Hautes-Pyrénées de forums nationaux & films sur la construction parasismique, réalisation de plaquettes d'information.

2013 : Inauguration de la maison de la connaissance du risque sismique financée entre autres par la commune de Lourdes et l'État.

2014-2018 : Phase de communication sur les études du PPRS de Lourdes.

2017 -2018 : Phase de communication en vue de lancer la consultation officielle du PPRS

18 septembre 2017 : Présentation du projet au bureau municipal

28-29 septembre 2017 : Colloque sur la prévention du risque sismique à Lourdes

9 novembre 2017 : Présentation du projet PPRS au conseil municipal de Lourdes

14 février 2018 :Présentation du projet PPRS aux socio-professionnels de Lourdes

23-30 mars 2018 : Exposition sur les risques à Lourdes

30 mars 2018 : Réunion publique : Présentation du projet aux habitants de Lourdes

2.

Le contexte physique

La commune de Lourdes est située dans le département des Hautes-Pyrénées. Elle occupe une superficie de 37 km².

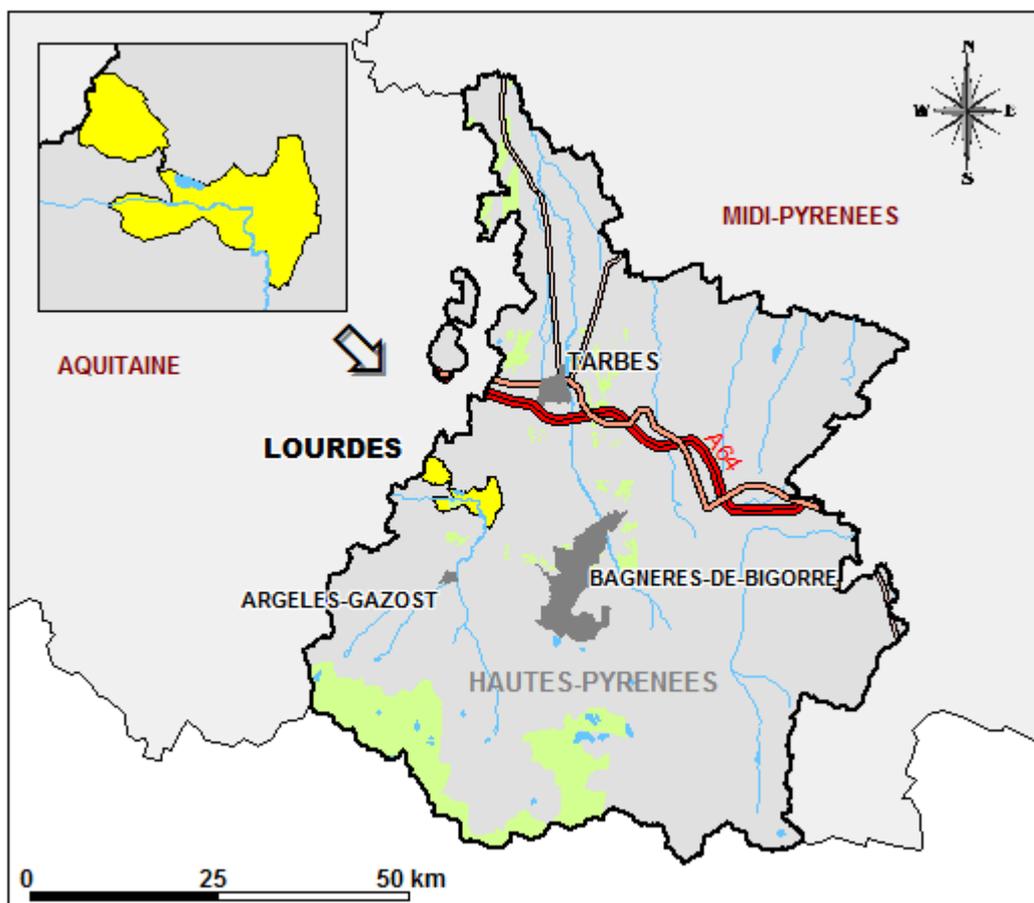


Figure 1 : Situation géographique de la commune de Lourdes.

2.1. CONTEXTE MORPHOLOGIQUE

Lourdes est au pied du massif des Pyrénées, situé à une altitude moyenne de 400 m environ, mais avec de fortes variations topographiques, de 350 m au point le plus bas à 948m au sommet du Pic du Jer (Figure 2).

La ville est traversée par le gave de Pau. Au nord le lac de Lourdes est un lac d'origine glaciaire.

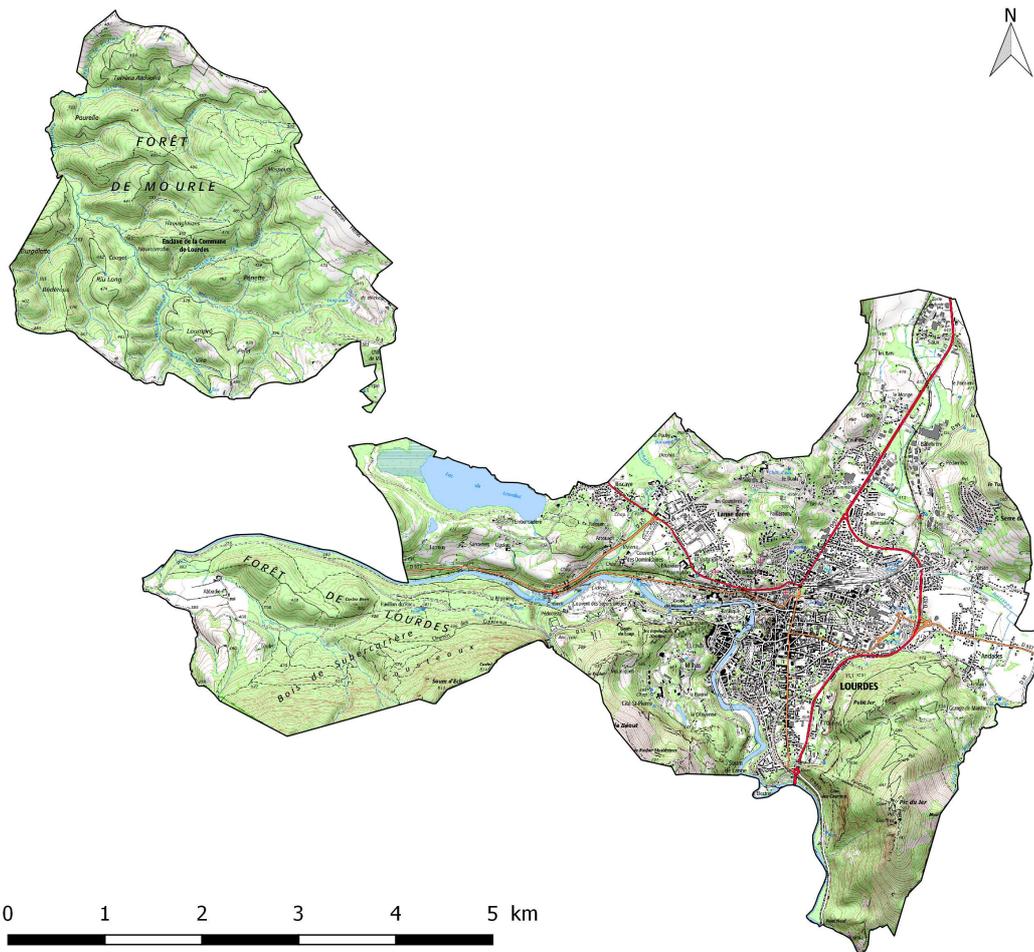


Figure 2 : Commune de Lourdes

2.2. CONTEXTE TECTONIQUE

La chaîne des Pyrénées résulte de la collision entre la plaque ibérique au sud et la plaque européenne au nord qui génère un système de failles actives sismogènes (Figure 3).

La région de Lourdes se trouve dans la zone nord-pyrénéenne localisée entre les failles majeures suivantes : le chevauchement nord-pyrénéen au nord et la faille nord-pyrénéenne au sud.

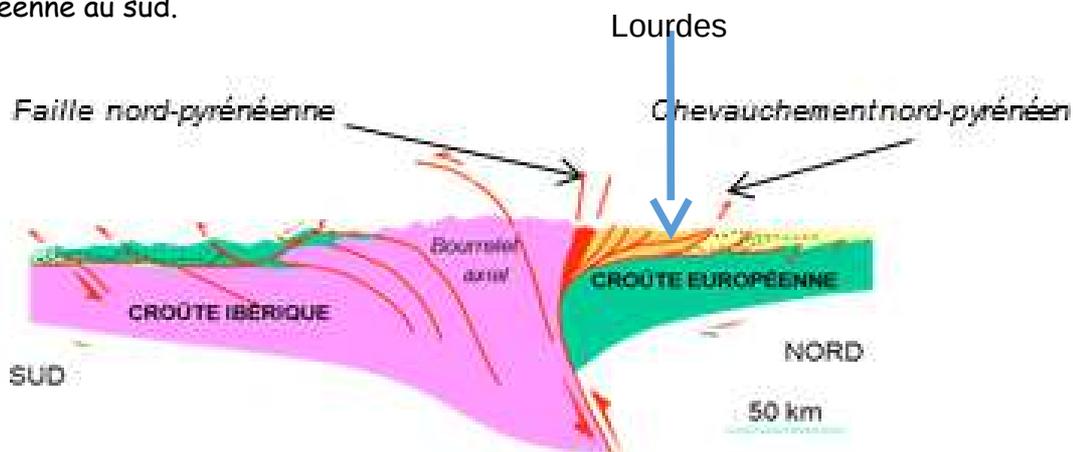


Figure 3 : Coupe structurale des Pyrénées (source Joseph Canérot: "Les Pyrénées, histoire géologique et itinéraires de découverte", 2008; Biarritz Atlantica et BRGM éditions)

2.3. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La commune de Lourdes, située au pied des Pyrénées, s'est établie dans une cuvette glaciaire traversée par le [gave de Pau](#). Les formations géologiques en présence associent des roches dures formant les reliefs (comme le Pic du Jer ou le Béout au sud) et des roches meubles en remplissage de vallée (centre-ville) ou en recouvrement superficiel (Figure 4).

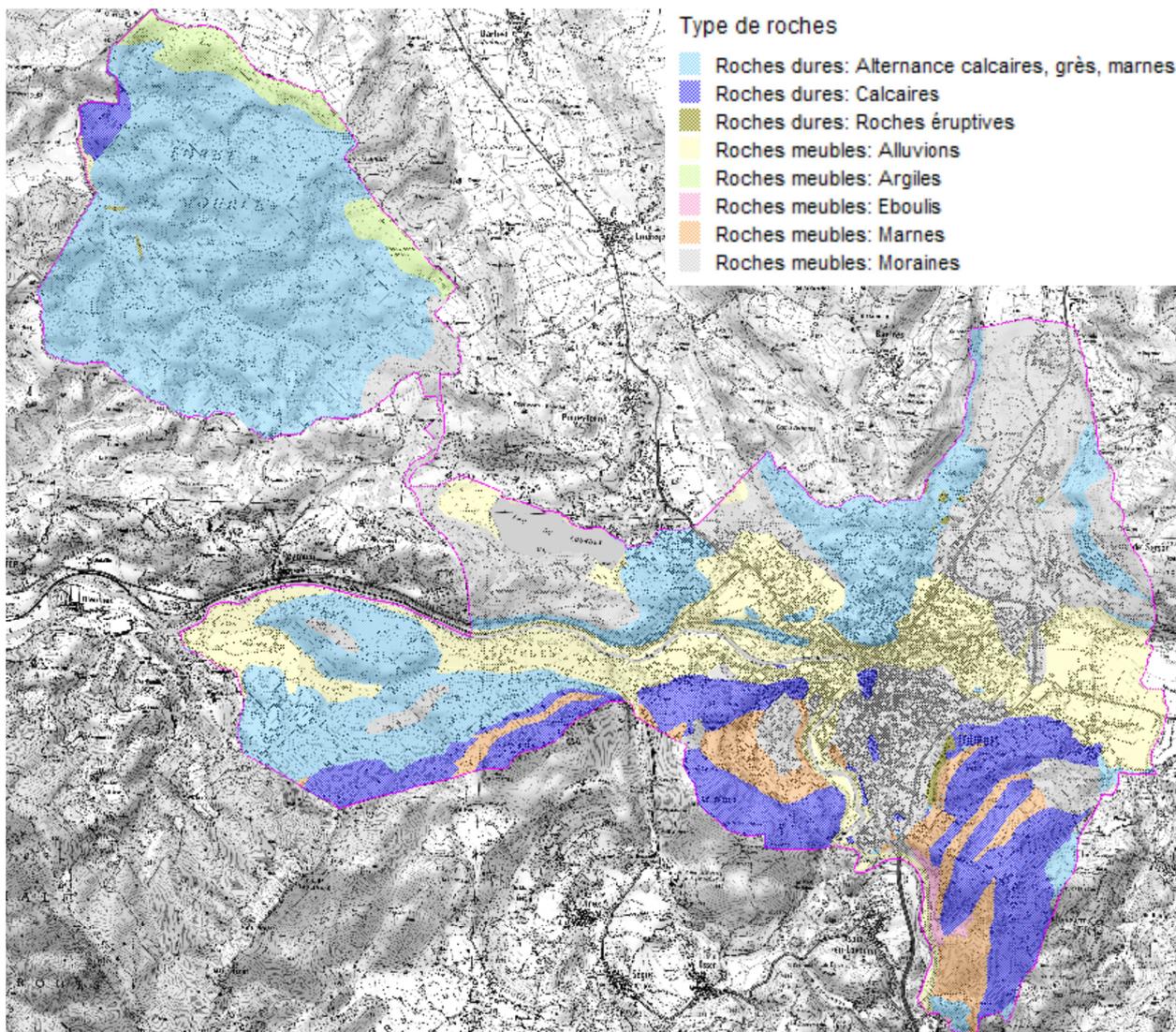


Figure 4 : Type de roches sur la commune de Lourdes sur fond topographique (d'après la carte géologique de la feuille n° 1052 de Lourdes 1/50 000 - BRGM)

2.3.1. Les roches dures

Les roches globalement dures armant les reliefs sont considérées comme globalement compétentes et constituent en général le substratum des roches meubles qui les recouvrent: il s'agit de calcaires ou d'alternances de calcaires, grès et marnes.

2.3.2. Les roches meubles

Les roches meubles sont des formations superficielles correspondant à des remplissages glaciaires (moraines) ou alluvionnaires avec des tourbes localement et au nord-ouest quelques argiles issues des molasses en bordure du Bois de Mourle. Ces formations récentes sont globalement très peu cohérentes et susceptibles d'avoir un effet amplificateur certain des mouvements sismiques. En outre, leur épaisseur peut être importante.

2.4. PRINCIPAUX SÉISMES CONNUS

Les séismes dans la région autour de Lourdes sont relativement nombreux. La base de données nationale des séismes historiques, Sisfrance (BRGM-EDF-IRSN, 2016), recense 12 séismes ayant été ressentis à Lourdes avec une intensité supérieure ou égale à VI MSK c'est-à-dire suffisamment fort pour occasionner des dommages sur la bâti (**Tableau 1**). Le séisme le plus destructeur à Lourdes est celui de Juncalas du 24 mai 1750 avec une intensité VIII à Lourdes. Les séismes de Bagnères de Bigorre (1660, intensité VII-VIII à Lourdes) et d'Argelès-Gazost (1854, intensité VII à Lourdes) ont particulièrement affectés la commune. Le dernier séisme avec des dommages légers à Lourdes est celui du 17 novembre 2006 avec un épïcêtre à Gazost à 8 km de Lourdes et une magnitude $M_l=4.9$. En dehors de ces événements principaux, des séismes sont régulièrement ressentis à Lourdes (15 novembre 2007 ; 18 mai 2008 ; 30 décembre 2012 ; 29 avril 2014...)

Elaborée à partir de la base Sisfrance (BRGM-EDF-IRSN, 2016), la carte de la Figure 5 indique les épïcêtres des principaux séismes ressentis (intensités IV et plus) dans cette région des Pyrénées.

L'ensemble du territoire communal est concerné par les effets directs potentiellement destructeurs d'un séisme majeur.

Date	Localisation de l'épïcêtre	Lon.	Lat.	Intensité à l'épïcêtre	Intensité à Lourdes
21 juin 1660	Bagnères de Bigorre	0.07	42.97	VIII-IX	VII-VIII
4 février 1665	Lourdes	-0.03	43.06	VII	VII
24 mai 1750	Juncalas	-0.02	43.04	VIII	VIII
15 juin 1750	Juncalas (réplique)	0.00	43.05	VII	VI
7 juin 1778	St Pé de Bigorre	-0.10	43.06	VII	VI-VII (*)
22 mai 1814	Arudy	-0.24	43.08	VII	VI
17 novembre 1850	St Pé de Bigorre	-0.10	43.06	VII	VI-VII (*)
20 juillet 1854	Argelès-Gazost	-0.03	43.02	VII-VIII	VII
26 octobre 1862	Lourdes	-0.03	43.06	VI	VI
26 novembre 1873	Bagnères de Bigorre	0.09	43.02	VII	VI (*)
13 juillet 1904	Bagnères de Bigorre	0.07	43.04	VII	VI
26 novembre 2006	Gazost	0.00	43.02	VI	VI

Tableau 1 : Principaux séismes destructeurs à Lourdes (d'après SisFrance, BRGM-EDF-IRSN, 2016). Les intensités à Lourdes mentionnées avec (*) sont estimées à partir des observations connues sur d'autres communes

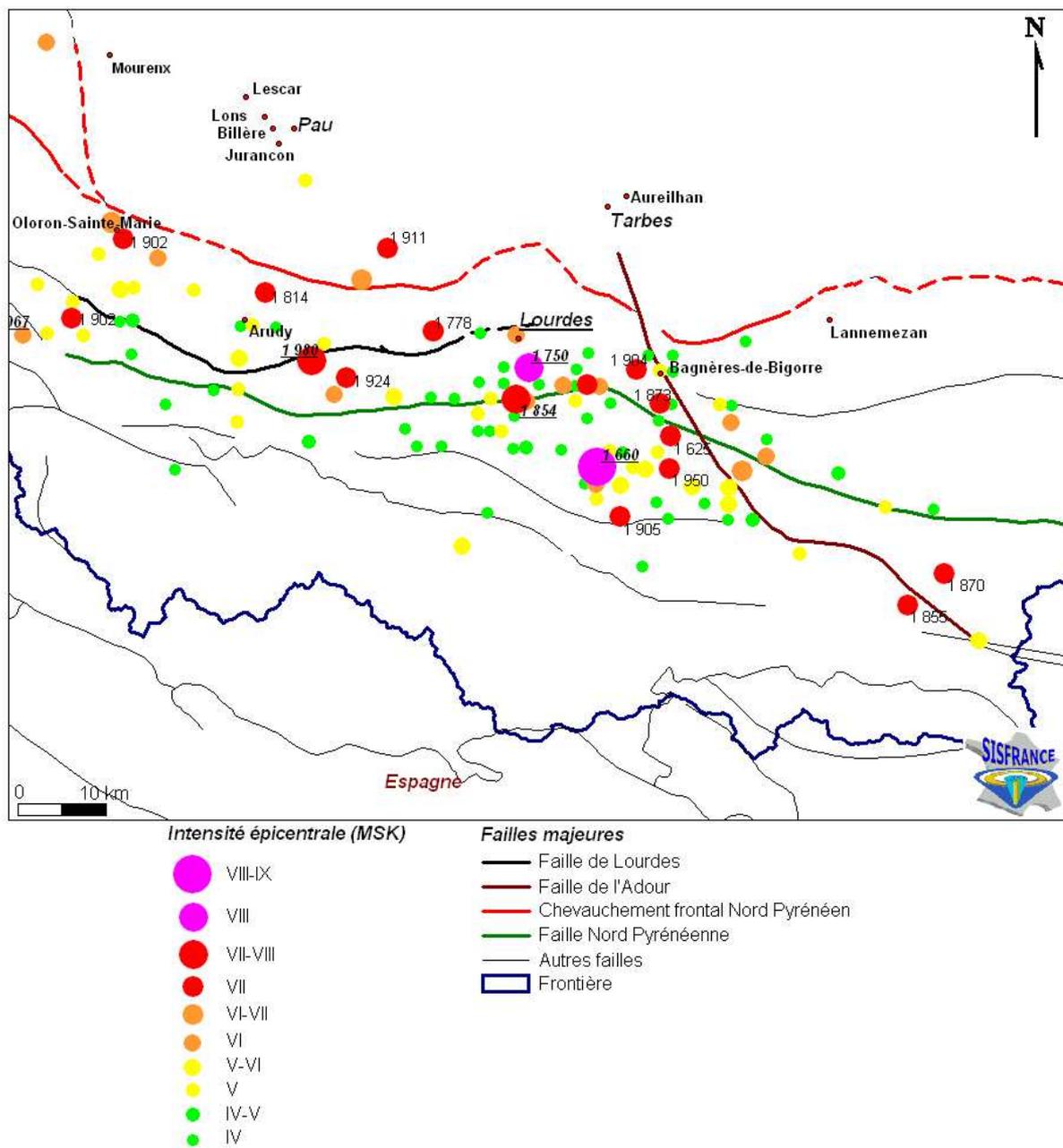


Figure 5 : Sismicité historique de la région de Lourdes (base de données SisFrance, BRGM-EDF-IRSN, www.sisfrance.net) et localisation des failles.

3.

Les enjeux

L'analyse des enjeux est nécessaire pour identifier et évaluer, à l'échelle du périmètre communal, les enjeux d'ordre humain, socio-économique et environnemental. Cette approche permet d'asseoir les choix réglementaires et de caractériser les éléments sensibles, c'est-à-dire susceptibles d'aggraver ou de réduire les risques.

3.1. DESCRIPTION DU TERRITOIRE DE LOURDES

La commune de Lourdes rassemblait 14 644 habitants en 2013 (densité 396 ha/km²), soit une diminution de près de 10% par rapport à 1990.

Lourdes est un centre de pèlerinage catholique. Les Sanctuaires Notre-Dame de Lourdes accueillent chaque année plus de 5 millions de personnes dont 80.000 pèlerins malades ou handicapés.

Lourdes est ainsi la 2ème ville après Paris pour sa capacité hôtelière. 155 hôtels soit 11 033 chambres. Toutes les descriptions détaillées au niveau de la commune de Lourdes concernant l'évolution de la démographie, de l'occupation du sol, les principaux axes de communication, les espaces naturels, le développement économique et son histoire, etc ... sont fournies dans le Plan d'occupation des Sols de la commune (révisé en 2002, modifié en 2011 destiné à devenir Plan local d'urbanisme intercommunal).

3.2. ENJEUX

Selon le recensement INSEE de 2013, il y aurait 9 388 logements sur la commune dont 65% de logements collectifs (appartements) et 35% en logements individuels (maisons).

Concernant les résidences principales, plus de 60 % du parc immobilier est ancien, construit avant 1970, soit avant l'application de toute norme de construction parasismique en France.

C'est pourquoi, compte tenu de la proportion de construction ancienne dans le bâti courant d'habitation, des résultats de pré-diagnostic sismiques conduits en 2011 pour la direction départementale des territoires des Hautes-Pyrénées sur 236 bâtiments de Lourdes et de l'exposition de la commune à un aléa sismique conséquent (cf. paragraphe 2.4), l'État a décidé de prescrire un PPR sismique avec des préconisations parasismiques sur le neuf et également sur l'existant.

4.

Phénomènes et aléas sismiques

L'aléa sismique indique la probabilité d'une action sismique due à la contribution des possibles tremblements de terre (de magnitudes ou intensités différentes) lors d'une période de temps donnée.

La notion d'aléa sismique fait intervenir:

- d'une part, une grandeur physique quantifiable (une intensité, une accélération du sol ...);
- d'autre part, une probabilité ou une période de retour associée à la grandeur physique.

L'**aléa sismique régional** (Figure 6) ne fait intervenir que la source (le séisme) et ses effets après la propagation des ondes sismiques dans un sous-sol supposé homogène.

L'**aléa sismique local** (Figure 7) traduit l'aggravation du phénomène par les caractéristiques locales du sous-sol.

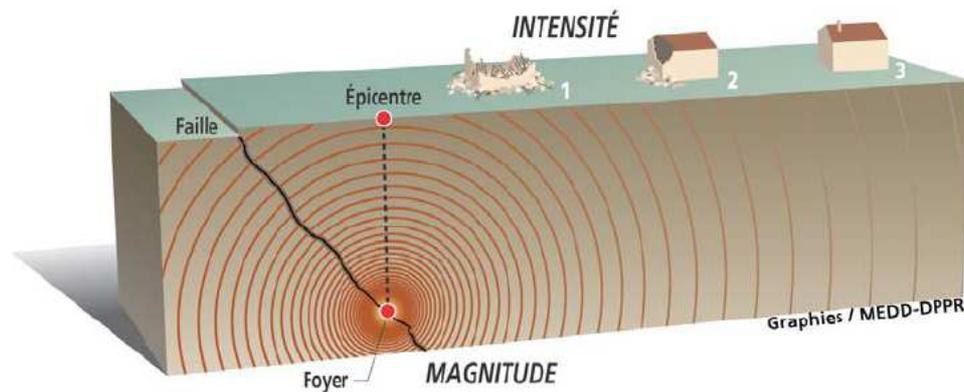


Figure 6 : Aléa sismique régional

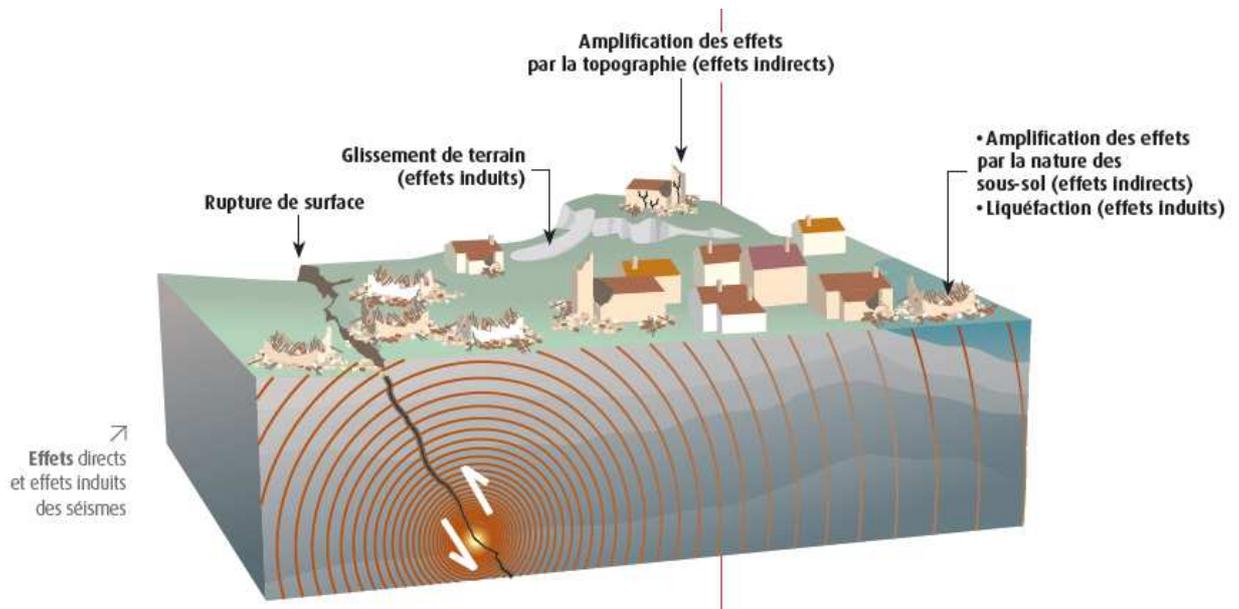


Figure 7 : Aléa sismique local

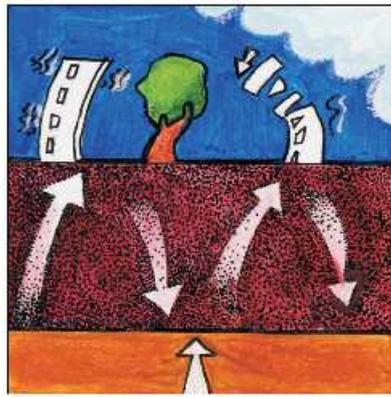
Plusieurs effets sont pris en considération, constituant autant de composantes de l'aléa sismique :

- les amplifications du signal sismique liées à la nature du sous-sol (**effets de site lithologiques**) ;
- les amplifications du signal sismique liées aux reliefs (**effets de site topographiques**) ;
- le phénomène de **liquéfaction** du sol ;
- les failles tectoniques actives et les **ruptures de surface** qui peuvent leur être associées ;
- les **mouvements de terrain** (en tant que composantes de l'aléa sismique).

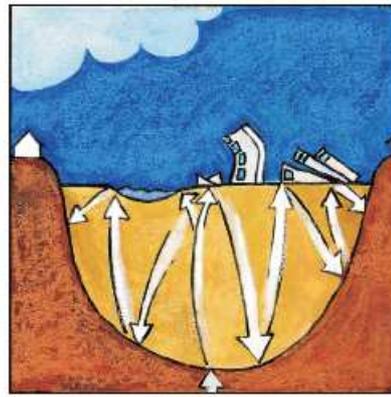
4.1. EFFETS DE SITE LITHOLOGIQUES

Pour un séisme donné, l'amplitude du mouvement du sol est généralement maximale à l'aplomb de la faille et décroît avec la distance. Mais le mouvement du sol peut varier localement en fonction d'autres facteurs.

L'un d'eux est la nature du sous-sol. Les caractéristiques mécaniques de certaines formations géologiques superficielles (densité, rigidité, cohésion, etc.) et leur géométrie (empilements, contacts, etc.), sont susceptibles de modifier le signal sismique. Par exemple, les remplissages alluvionnaires meubles piègent les ondes sismiques, ce qui amplifie le mouvement du sol à la surface : on parle alors d'effets de site lithologiques. Ces effets locaux peuvent aggraver les dommages potentiels au bâti lors d'un séisme.



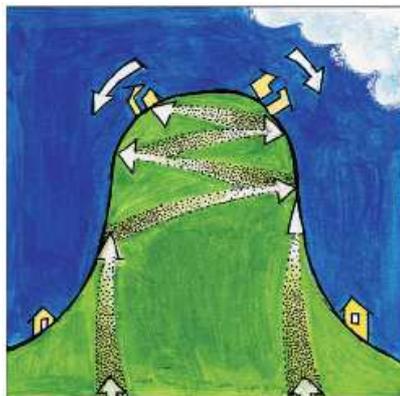
Source : Laurence Barret



Source : Laurence Barret

4.2. EFFETS DE SITE TOPOGRAPHIQUES

Tous facteurs étant apparemment égaux par ailleurs, les reliefs peuvent entraîner des amplifications notoires d'un signal sismique (concentration des ondes dans les reliefs), en comparaison avec un site dépourvu d'une telle topographie. Le mouvement du sol est par exemple amplifié sur les sommets, ruptures de pente, crêtes, bordures de plateau (Riepl-Thomas et Cotton, 1999), entraînant une augmentation locale de l'amplitude de certaines fréquences, et par conséquent de l'intensité du séisme. On parle alors d'effets de site topographiques (Figure 8).



Source : Laurence Barret

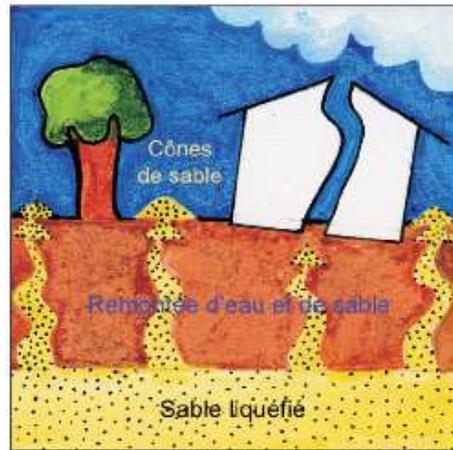
Figure 8 : Principe des effets de site topographiques

4.3. LIQUÉFACTION DES SOLS

Plusieurs types de phénomènes naturels peuvent être déclenchés par un séisme ; on parle alors d'effets induits. C'est notamment le cas du phénomène de liquéfaction qui induit une perte momentanée de portance de certains types de sols (horizons sableux ou limoneux, saturés) : la secousse sismique provoque une augmentation de la pression de l'eau dans le sol, ce qui diminue sa résistance au cisaillement, et donc sa portance. Selon l'importance du séisme et l'épaisseur du sol liquéfié, ces terrains peuvent subir des déformations permanentes (tassements, poinçonnements, glissements latéraux) dont l'amplitude peut être limitée (quelques centimètres) à quasi illimitée (quelques mètres), qui se révèlent particulièrement dommageables pour les constructions reposant sur ces formations. On peut aussi observer des phénomènes de remontée de

nappes causant des inondations localisées, de remontée des gaines techniques des réseaux urbains, rendues flottantes sous la poussée d'Archimède...

La réglementation impose de s'interroger sur la liquéfaction des sols situés jusqu'à 20 mètres de profondeur ; elle se produit sur des sols non cohérents lâches et saturés, tels que par exemple, des alluvions récentes ou des remblais hydrauliques non compactés.



Source : Laurence Barret

Pour qu'il y ait liquéfaction sous l'action d'un séisme, il faut :

- une configuration du sol favorable au phénomène : c'est-à-dire être en présence d'un terrain granulaire, dans un état peu compact, peu contraint et situé sous la nappe phréatique. On parle de susceptibilité du sol à la liquéfaction.
- des secousses sismiques suffisamment fortes pour pouvoir déclencher le phénomène. On parle alors d'opportunité à la liquéfaction.

4.4. FAILLES ACTIVES

Une faille peut être considérée comme active si elle a subi des mouvements dans les temps historiques ou géologiques récents (Quaternaire) ou si elle montre des évidences de déplacement actuel. Concrètement, on considère souvent que les failles actives sont celles qui ont joué dans les 35 000 dernières années ou qui ont joué plusieurs fois dans les 500 000 dernières années.

Lorsqu'une faille active à l'origine d'un séisme débouche en surface, elle peut induire des déplacements le long de la ligne de rupture (rupture des terrains à la surface du sol). On parle de déformation co-sismique du sol ; cette déformation est alors caractérisée par une valeur de déplacement différentiel du sol au niveau du plan de faille. Les bâtiments et infrastructures construits sur la faille, en plus de subir de fortes accélérations du sol, sont susceptibles d'être fortement affectés par ces déplacements en surface.

5.

Réglementation nationale sur le risque sismique

5.1. UNE NOUVELLE RÉGLEMENTATION PARASISMIQUE DEPUIS 2011

Afin de prévenir au mieux les dommages humains, au bâti et aux activités économiques que pourraient causer les événements, une nouvelle réglementation est en vigueur depuis le 1^{er} mai 2011^[1]. Elle définit d'éventuelles prescriptions constructives selon :

- La localisation du bâtiment considéré : une carte nationale de zonage sismique^[2] distingue ainsi cinq zones de sismicité, de « très faible » à « moyen » jusqu'à « fort » pour les Antilles.
- Le type de structure ou d'équipement : maison individuelle, immeuble de grande hauteur, école, hôpital, installation industrielle, pont...
- La tenue mécanique du sol sur lequel est édifié le bâtiment : en particulier une construction sur du rocher résiste mieux aux séismes que sur un sol très mou.

Ces dispositions constructives sont cohérentes avec la norme européenne NF EN 1998 sur la construction parasismique^[3]. Elles se réfèrent à un « spectre de réponse » qui décrit le comportement de la structure sous sollicitation sismique : le respect de ces règles vise ainsi à ce qu'en cas de séisme, l'édifice soit capable d'encaisser les secousses en subissant le moins de dommages possibles, avec pour objectif premier la protection de la vie de ses occupants : réduire les dégâts aux constructions permet en effet de minimiser les conséquences sur les populations.

5.2. CATÉGORIES DE BÂTIMENT

Pour les ouvrages « à risque normal », les règles de construction parasismique sont définies par l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ». Ce texte fait référence aux règles dites « Eurocode 8 » constituées des normes NF EN 1998 accompagnées des « annexes nationales ».

Par ailleurs, l'application des dispositions définies dans le document « Règles de construction parasismique : construction parasismique des maisons individuelles et des bâtiments assimilés - règles PS-MI 89 révisées 92 » dispense de l'application des règles Eurocode 8 pour les maisons individuelles appartenant à la catégorie d'importance II et situées en zone de sismicité 4 (sismicité moyenne).

[1]^[1] Décret n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique

[2]^[2] Décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français

[3]^[3] Appelée communément « Eurocode 8 »

5.3. ZONAGE ET ACCÉLÉRATION ASSOCIÉE

La commune de Lourdes, est en zone de sismicité « moyenne ». Les règles de construction parasismique s'appliquent donc à l'ensemble des bâtiments de catégories d'importance II, III et IV. Il est possible d'appliquer, pour les maisons individuelles respectant les conditions d'application, les dispositions du guide PS-MI 89 (Tableau 2).

Zones de sismicité	Catégorie d'importance du bâtiment			
	I	II	III	IV
Moyenne	-	EN-1998 ou PS- MI 89	EN-1998	EN-1998

Tableau 2 : Contexte réglementaire pour la conception parasismique des bâtiments « à risque normal ».

L'arrêté du 22 octobre 2010 fixe les mouvements sismiques forfaitaires à appliquer aux bâtiments « à risque normal ». Ces mouvements sont définis sous forme de spectres de réponse élastiques à 5% d'amortissement, avec une forme conforme à celle spécifiée dans les EC8 - partie 1 (NF EN 1998-1, septembre 2005). Pour la zone de sismicité moyenne l'accélération maximale horizontale au rocher est fixée à 1.6 m/s².

5.4. CONDITIONS DE SOL

Les paramètres de ces spectres sont explicités dans le texte de l'arrêté du 22 octobre 2010 en fonction de la zone de sismicité et de la classe de sol A, B, C, D, E (Tableau 3). La réglementation prévoit en effet la prise en compte des effets de site de manière forfaitaire en caractérisant la réponse du site en fonction de la catégorie de sol selon la classification établie dans les EC8 (NF-EN-1998-1, septembre 2005).

Classe de sol	Description du profil stratigraphique
A	Rocher ou toute autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant.
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur.
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres.
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité des sols cohérents mous à fermes.
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de V_s de classes C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec $V_s > 800$ m/s

Tableau 3 : Classification des classes de sol selon les EC8 (NF EN 1998-1 sept 2005, Tab. 3-1).

5.5. EFFETS DE SITE TOPOGRAPHIQUES

Tout comme les PS-92, les règles parasismiques EC8 introduisent une majoration de l'action sismique de calcul par le biais d'un coefficient multiplicateur d'amplification topographique S_T dans le cas des ouvrages implantés sur des sites au relief particulièrement marqué. Comme stipulé dans la norme NF EN 1998-5 septembre 2005 (extrait ci-dessous), le coefficient d'amplification topographique varie entre 1 (pas d'augmentation des accélérations des spectres de réponse élastiques) et 1,4 (majoration de 40 % des accélérations). Il est évalué selon les mêmes principes de calcul que ceux utilisés pour la stabilité des pentes (cf. EC8-5 et son Annexe A):

5.6. LIQUÉFACTION DES SOLS

A ce jour, le document de référence pour l'évaluation du risque de liquéfaction est la norme NF EN 1998-5 : Eurocode 8, partie 5. En voici, en résumé, les grandes lignes :

- Une évaluation de la susceptibilité à la liquéfaction doit :

« être effectuée lorsque le sol de fondation comprend des couches étendues ou des lentilles épaisses de sable lâche, avec ou sans fines silteuses ou argileuses, au-dessous du niveau de la nappe phréatique, et lorsque ce niveau est proche de la surface du sol ».

Cette évaluation implique quasi systématiquement la réalisation de sondages avec mesures des caractéristiques intrinsèques et des caractéristiques mécaniques des sols. Ces paramètres permettent d'identifier les sols n'étant pas susceptibles à la liquéfaction, en fonction de leur profondeur, du contexte sismique, des paramètres d'identification et des paramètres mécaniques.

- En cas de susceptibilité avérée, une évaluation de la potentialité à la liquéfaction doit être menée ; l'Eurocode 8 (NF EN 1998-5, 2005) préconise l'utilisation de :

« méthodes reconnues d'ingénierie géotechnique, basées sur des corrélations expérimentales entre mesures in situ et contraintes critiques de cisaillement cyclique dont on sait qu'elles ont causé une liquéfaction lors de séismes passés ».

- En termes d'aménagement de la construction projetée, l'Eurocode 8 (Partie 5, §4.1.4.) précise que :

« si des sols sont identifiés comme liquéfiables et si les effets qui en découlent sont jugés capables d'affecter la capacité portante ou la stabilité des fondations, la stabilité des fondations doit être assurée par exemple par une amélioration du sol et des fondations sur pieux (pour transmettre les charges à des couches non sensibles à la liquéfaction) ».

Cette réglementation nationale peut être accompagnée d'un guide technique édité par l'AFPS, présentant les « procédés d'amélioration et de renforcement de sol sous actions sismiques ». Ce guide complète et précise l'Eurocode 8, en particulier pour ce qui concerne l'évaluation de la liquéfaction.

6.

Caractérisation des niveaux d'aléas sismiques pour la commune de Lourdes

Les prescriptions du PPRS de Lourdes se substituent à la réglementation nationale. Ce chapitre présente le contenu des documents techniques indispensables à la compréhension du PPRS de Lourdes :

- La connaissance des phénomènes sismiques, qui se traduit par des cartes informatives sur ces phénomènes, d'une part ;
- La caractérisation de trois composantes de l'aléa sismique, (les effets de site topographiques liés au relief, les effets de site lithologiques liés à la nature du sol, et les phénomènes de liquéfaction), qui donne lieu à autant de cartes des aléas spécifiques, d'autre part.

Par ailleurs, la méthodologie générale de transcriptions des microzonages sismiques en PPRS est détaillée dans un support technique (rapport BRGM/RP-64339-FR, Bertil et Belvaux, 2014).

6.1. EFFETS DE SITE LITHOLOGIQUES

Sur la commune de Lourdes, des effets de site lithologiques peuvent être ressentis au niveau des formations superficielles constituées de dépôts glaciaires (moraines) ou d'alluvions récents de rivières ou lacustres.

En 2006, un microzonage sismique a été réalisé sur la commune de Lourdes (Bernardie *et al.*, 2006) afin d'identifier, cartographier et caractériser les zones à effets de site lithologiques. Cette étude a conduit à identifier et à cartographier finement les zones présentant des caractéristiques géologiques, géomécaniques homogènes et une réponse sismique homogène et de fournir pour chaque zone, des paramètres de mouvements du sol propres au contexte local, plus adaptés que ceux imposés par les règles nationales.

6.1.1. Mouvement du sol de référence au rocher

Le microzonage sismique de Lourdes définit pour le mouvement du sol au rocher une accélération maximale horizontale et une forme de spectre différente de la référence réglementaire nationale. Le mouvement du sol de référence au rocher y est supérieur à celui proposé dans les EC8 pour cette zone de sismicité 4. L'accélération maximale horizontale au rocher est 20% supérieure (2 m/s^2 au lieu de 1.6 m/s^2).

6.1.2. Mouvements du sol dans les zones à effets de site lithologiques

Le zonage des effets de site lithologiques du microzonage sismique a pour objet de définir des classes de sols mieux adaptés au contexte local que les classes de sols standards de la réglementation nationale.

Selon l'étude de microzonage sismique de Lourdes (Bernardie *et al.*, 2006), le territoire communal peut être divisé en cinq classes d'effets de site lithologiques (Figure 9) :

- la classe 0 : (non coloré) concerne les zones sans effets de site liée à la nature du sol, essentiellement les terrains en pente de la commune;
- la classe 1 : (vert) concerne une grande partie du centre ville, des bords du gave proche de la Basilique, le secteur d'Anclades et le Nord entre Belle-View et Saux ;
- la classe 2 : (jaune) regroupe des zones de recouvrement sédimentaires au sud du Gave, vers le lac de Lourdes, Biscaye et la partie du centre ville proche de la gare
- la classe 3 : (rouge) regroupe deux zones distinctes au sud Ouest vers la Citoyenne et des terrasses alluvionnaires au Nord de Sarsan ;
- la classe 4 : (violet) concerne un ancien marais entre le Monge et Belle-View.

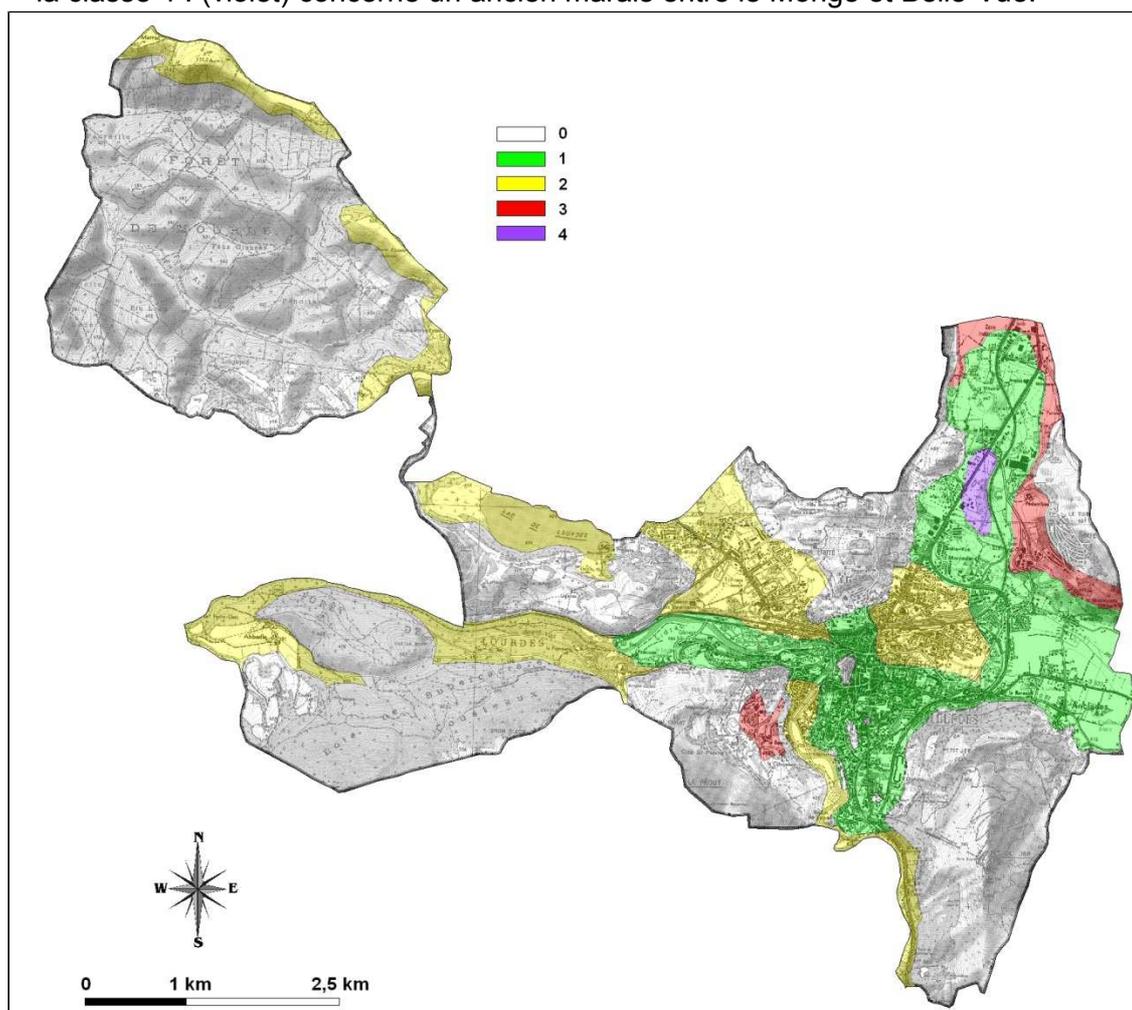


Figure 9 : Zonage spécifique des classes à effets de site lithologiques pour la commune de Lourdes (modifié d'après Bernardie *et al.*, 2006).

6.1.3. Caractérisation des classes de sols en termes de résonance

Les zones sujettes aux effets de site sont par définition le siège d'amplifications importantes à des périodes particulières (période de résonance du sol), intéressant une large gamme de constructions. Par ailleurs, chaque bâtiment, de par la nature de ses matériaux, sa structure, son nombre d'étages, possède lui aussi une période propre, période pour laquelle il vibre de façon privilégiée, encore appelée période de résonance du bâtiment. Si le sol se met à vibrer à cette période, le bâtiment entre en résonance : il va osciller de plus en plus fort et risque de s'effondrer. Les immeubles élevés ou souples oscillent lentement (longues périodes ou basses fréquences), alors que les maisons basses ou raides vibrent plus rapidement (courtes périodes ou hautes fréquences). La coïncidence malheureuse entre la période de résonance du sol et celle de certains bâtiments peut expliquer une partie des destructions lors d'un séisme.

La Figure 10 illustre schématiquement ce phénomène. En première approximation, la période propre de résonance (en secondes) d'un bâtiment est égale au nombre de niveaux (dont le rez-de-chaussée) divisé par 10. Pour des sols meubles, le spectre de réponse a son maximum décalé vers les périodes longues ; les immeubles élevés (plus souples) subissent une agression plus forte que les immeubles peu élevés (plus raides). A l'inverse, pour les sols rigides, le spectre de réponse a son maximum décalé vers les courtes périodes : les constructions de faible hauteur subissent alors une agression plus forte. Ce type de comparaison n'est valable qu'à épaisseur de sol analogue.

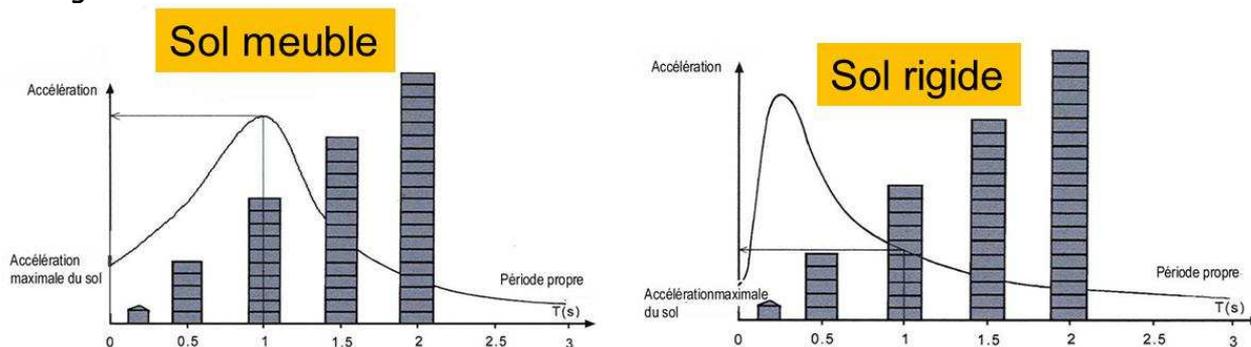


Figure 10 : Spectre de réponse des sols et période de résonance de bâtiment. Les immeubles élevés (ou souples) subissent une agression plus forte sur des sols meubles. A l'inverse, les effets de site associés à des sols rigides agressent plus nettement des constructions de faible hauteur.

En dehors des spectres de dimensionnement qui intègrent ces effets, il est important de donner également une information qualitative sur la résonance des sols, afin d'attirer l'attention des constructeurs pour qu'ils adaptent en conséquence la hauteur des bâtiments. Ainsi, sur des sols très meubles en couches relativement épaisses (au moins 20 m), dont la période de résonance est élevée, on privilégiera des constructions basses, oscillant à des courtes périodes.

Il est donc proposé de qualifier en trois niveaux « faible à moyen », « moyen à fort », « fort », l'influence des effets de site lithologiques sur la résonance des constructions en rapport avec chaque classe de sol. On distingue :

- les effets sur les bâtiments de courte période propre ($< 0,2$ s), généralement des bâtiments à structures rigides ou de faible hauteur,

- les effets sur les bâtiments de période propre plus élevée ($> 0,2$ s) généralement des bâtiments à structures plus souples ou de plus grande hauteur.

Une qualification de l'importance des effets de site pour les classes de sol rencontrées sur la commune de Lourdes est donnée sur le Tableau 4. Cette qualification repose sur des coefficients d'amplification explicités dans le rapport méthodologique RP-64339-FR (Bertil et Belvaux, 2014).

Classe de sol	Effets de site sur bâtiment rigide ou de faible hauteur	Effets de site sur bâtiment souple ou de grande hauteur
Classe 0 (rocher)	nul	nul
Classe 1	moyen à fort	faible à moyen
Classe 2	fort	faible à moyen
Classe 3	moyen à fort	faible à moyen
Classe 4	faible à moyen	faible à moyen

Tableau 4 : Qualification des formations rencontrées sur le territoire de Lourdes, en termes d'influence des effets de site.

De fortes amplifications sont pressenties sur les sols de la classe 2 pour les bâtiments rigides ou de faible hauteur. Pour les bâtiments souples ou de grande hauteur, il n'y a pas d'aggravation notable des mouvements du sol liés à l'effet de site lithologiques quelle que soit la classe de sol présente à Lourdes.

6.1.4. Caractérisation des classes de sols pour les fondations

Les informations géologiques, géophysiques et géotechniques associées à chaque classe de sol permettent aussi d'analyser leurs propriétés mécaniques et de donner une information qualitative sur la portance du sol de fondation. Sur des sols plutôt mous, des fondations spéciales sont à prévoir.

Sur Lourdes, le comportement des sols de la classe 1 n'est pas homogène en termes de portance. La zone géotechnique Centre-Ville (Figure 11) est constitué de sols plutôt mou (équivalent à une classe EC8 C et avec des VS30 mesurés de 230-290 m/s²).

Cette zone étant aussi concernée par de l'aléa liquéfaction (cf. paragraphe 6.3), les prescriptions particulières liées aux sols de fondations seront plutôt données dans la partie traitant de ce phénomène.



Figure 11 : zone géotechnique « Centre Ville » faisant partie de la classe de sol 1, avec une qualification de portance de sol de fondation faible à moyenne.

6.1.5. Définition des niveaux d'aléa

Les informations qualitatives du Tableau 4 doivent encore être simplifiées, pour permettre une meilleure appréciation du niveau de contrainte réglementaire et faire un ajustement avec les niveaux d'aléa faible/moyen/fort défini pour les autres aléas.

Pour ce phénomène on ne définit pas de niveau d'aléa « Fort ». L'effet de site lithologique est une aggravation d'un autre aléa, l'aléa sismique régional, qui est, à Lourdes, défini comme moyen par la réglementation nationale. D'autre part, une qualification de niveau d'aléa fort est associée à des contraintes réglementaires fortes ou de l'inconstructibilité dans un PPR, ce qui n'est pas le cas pour l'effet de site lithologique.

Une classe de sols est classée en niveau d'aléa moyen en présence d'une amplification qualifiée de « Forte ». Le niveau d'aléa est considéré comme faible dans tous les autres cas. Il est nul (pas de prise en compte de cet aléa) pour un terrain de nature rocheuse.

L'application de ces critères de qualification aux classes d'effets de site lithologiques de la Figure 9 permet de hiérarchiser et de constituer ainsi la carte de niveaux d'aléa « effet de site lithologique » pour la commune de Lourdes (Figure 12).

- en niveau d'aléa nul « effet de site lithologique » : la classe de sols 0 ;
- en niveau d'aléa faible « effet de site lithologique » : les classes de sols 1, 3 et 4 ;
- en niveau d'aléa moyen « effet de site lithologique » : la classe de sols 2

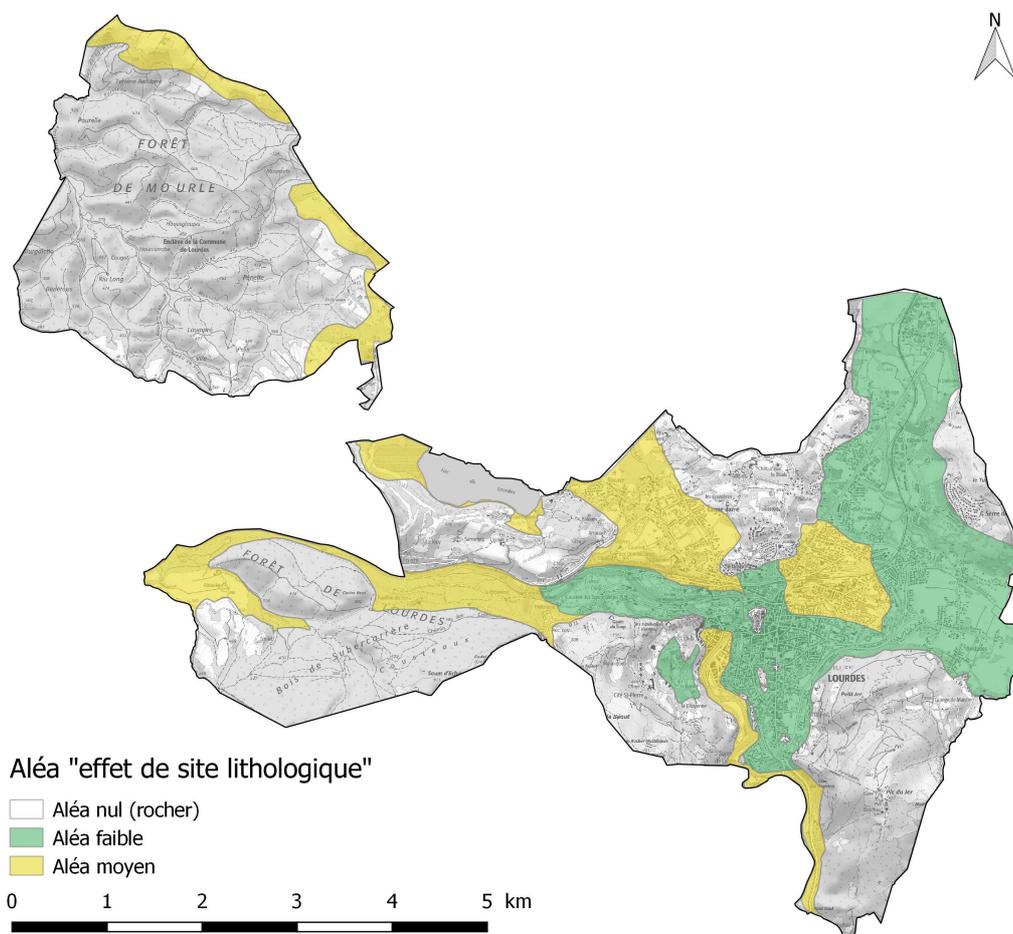


Figure 12 : Niveaux d'aléa « effet de site lithologique » identifié sur la commune de Lourdes.

6.1.6. Préconisations correspondantes dans le PPRS

La mise en place d'un PPR sismique offre la possibilité de maîtriser l'urbanisme dans les secteurs sujets aux effets de site lithologiques, en définissant des zones qui peuvent donner lieu à des prescriptions particulières de construction en fonction du type de bâtiment.

Les prescriptions associées à l'effet de site lithologique sont identiques pour l'aléa faible et l'aléa moyen. Elles sont par ailleurs modulées en fonction de la catégorie d'importance des bâtiments (Tableau 5).

Ces prescriptions sont limitées : il s'agit principalement d'appliquer des spectres spécifiques en remplacement des spectres forfaitaires de la réglementation nationale.

Ainsi, pour les bâtiments de catégories d'importance II et III, les spectres forfaitaires de la norme sont remplacés par les spectres spécifiques définis dans le microzonage, qui prennent en compte les caractéristiques locales des sols (Figure 9). En particulier, ces spectres spécifiques sont à utiliser aussi bien pour les zones ne présentant pas d'effets de site lithologiques (terrain rocheux de la classe 0) que pour celles avec effets de site lithologiques.

Dans le cas des projets de maisons individuelles, il est possible d'utiliser les règles simplifiées du guide PS-MI pour les maisons individuelles respectant les conditions d'application.

Parmi les bâtiments à forts enjeux de la catégorie d'importance IV, les bâtiments conçus sur isolateurs parasismiques constituent un cas particulier qu'il est important de différencier. Pour ces projets, un spectre spécifique au site devra être calculé conformément aux exigences des règles nationales EC8. Les valeurs d'accélération spectrales à retenir *in fine* ne devront pas être inférieures au 2/3 des valeurs du spectre EC8 correspondant à la classe de sols du site d'implantation du projet.

Pour les bâtiments de catégorie d'importance IV autres que ceux conçus sur isolateurs, le spectre à retenir sera le plus pénalisant entre le spectre spécifique du microzonage et le spectre EC8, et ceci en fonction de la période propre de la structure.

Catégorie d'importance du bâtiment					
I	II		III	IV	
	maisons individuelles	autres		hors bâti sur isolateurs	bâti sur isolateurs
-	PS-MI89 révisé 92 ou spectre spécifique du MZ	spectre spécifique du MZ	le plus pénalisant entre spectre spécifique du MZ et spectre EC-8	spectre spécifique au site	(étude géotechnique et étude sismique)

Tableau 5 : Principe de réglementation pour les effets de site lithologiques (MZ : microzonage sismique).

6.2. EFFETS DE SITE TOPOGRAPHIQUES

Le territoire de la commune de Lourdes contient des reliefs prononcés particulièrement sur la partie Sud (Pic du Jer, Le Béout) et dans la forêt de Mourle au Nord-Ouest. Ces zones peuvent donc potentiellement subir des amplifications du mouvement sismique par effet de site topographique (crêtes, barres rocheuses ou versants présentant une forte pente). A noter que les zones principalement concernées ne sont pas construites (Figure 13)

Les effets de site topographiques ont été pris en compte dans le cadre du microzonage sismique de Lourdes (Bernardie *et al.*, 2006 à partir du modèle numérique de terrain (MNT). Le pas du MNT utilisé dans l'étude du microzonage sismique de Lourdes est de 25 mètres, **résolution insuffisante pour une analyse fine de la topographie. C'est donc la réglementation nationale qui s'applique.**

A titre informatif, la cartographie des zones exposées à un effet de site topographique sur le territoire de Lourdes est représentée sur la Figure 13 ; elle traduit ainsi les différentes zones susceptibles de présenter un effet de site topographique, c'est-à-dire les zones où ce phénomène devra être pris en compte pour le dimensionnement d'ouvrage. Cette cartographie ne se substitue pas à une évaluation propre au site de construction, dont la topographie finale peut évoluer par rapport à la topographie naturelle des lieux.

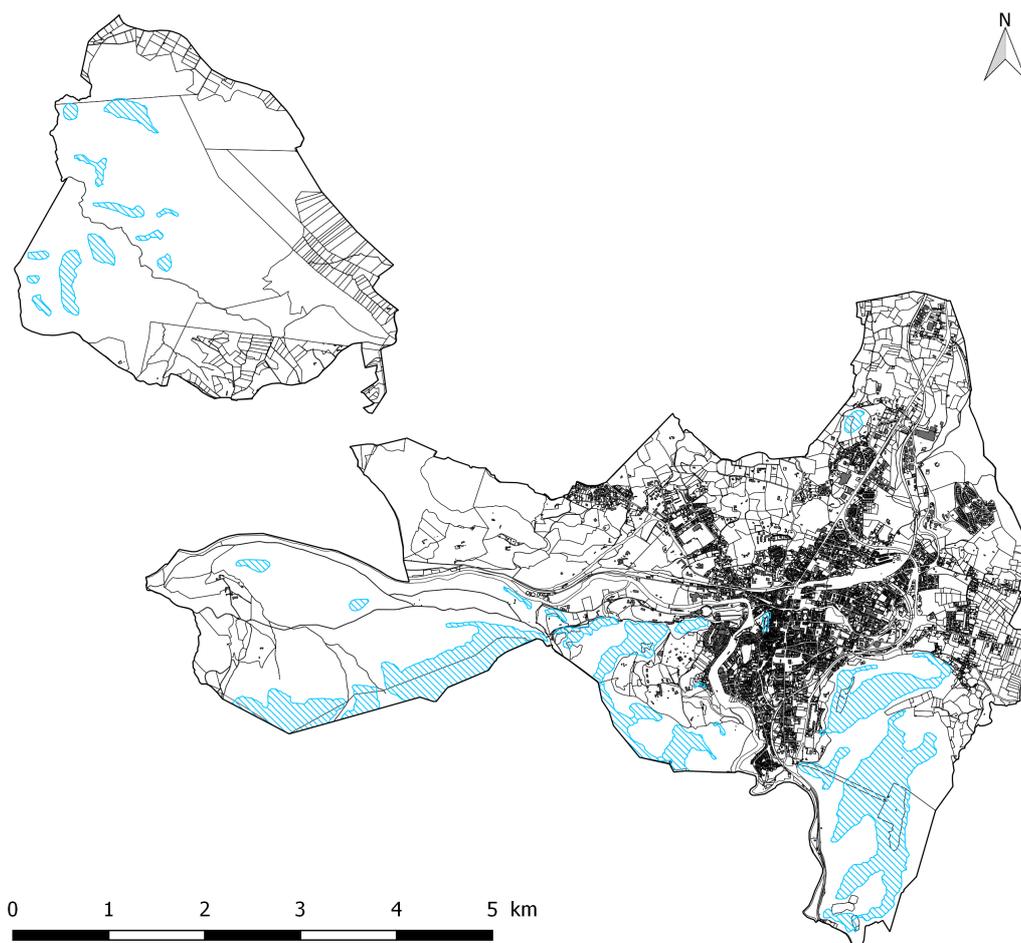


Figure 13 : Zones susceptibles de présenter un effet de site topographique sur la commune de Lourdes (d'après Bernardie *et al.*, 2006).

Pour les maisons individuelles rentrant dans le champ d'application du guide PS-MI89, soit lorsque la pente du terrain d'assise de la construction ne dépasse pas 20°, aucun coefficient n'est à prendre en compte, mais des prescriptions portant sur l'adaptation à la pente doivent être respectées.

Pour tous les autres projets de bâtiments de catégories d'importance III et IV à implanter sur des terrains d'inclinaison moyenne supérieure à 15°, l'effet de site topographique doit être pris en compte selon la démarche préconisée par les règles EC8.

Catégorie d'importance du bâtiment				
I	II		III	IV
	maisons individuelles	Autres		
-	PS-MI89 révisé 92	NF EN-1998-5		

Tableau 6 : Principe de réglementation pour les effets de site topographiques.

6.3. LIQUEFACTION DES SOLS

La carte informative (Figure 14) localise les zones où des phénomènes de liquéfaction peuvent potentiellement survenir en cas de séisme. Il s'agit des formations fluvioglaciales superficielles contenant des couches sableuses ou de limons situées au Centre-ville et au Nord Est entre le centre-ville et Saux.

La susceptibilité qualitative à la liquéfaction a été évaluée dans l'étude de microzonage sismique (Bernardie *et al.*, 2006). Il s'agit de l'étude la plus récente permettant d'établir une cartographie des zones potentiellement liquéfiables sur la commune de Lourdes. La susceptibilité qualitative a été évaluée suivant les règles PS92, à partir de paramètres d'identification des terrains (granulométrie, teneur en eau, limites d'Atterberg).

Sur la base de l'analyse de cette étude, un niveau d'aléa liquéfaction moyen a été retenu pour 2 secteurs de la classe d'effets de site lithologiques classe 1. Toutes les autres zones de la commune présentent un niveau d'aléa nul à faible. La cartographie de l'aléa liquéfaction sur la commune de Lourdes est présentée sur la Figure 14.

Cette qualification de l'aléa liquéfaction a été reprise sans modification pour le PPR sismique. Il convient toutefois de noter que l'état de connaissance sur lequel repose cette analyse est faible.

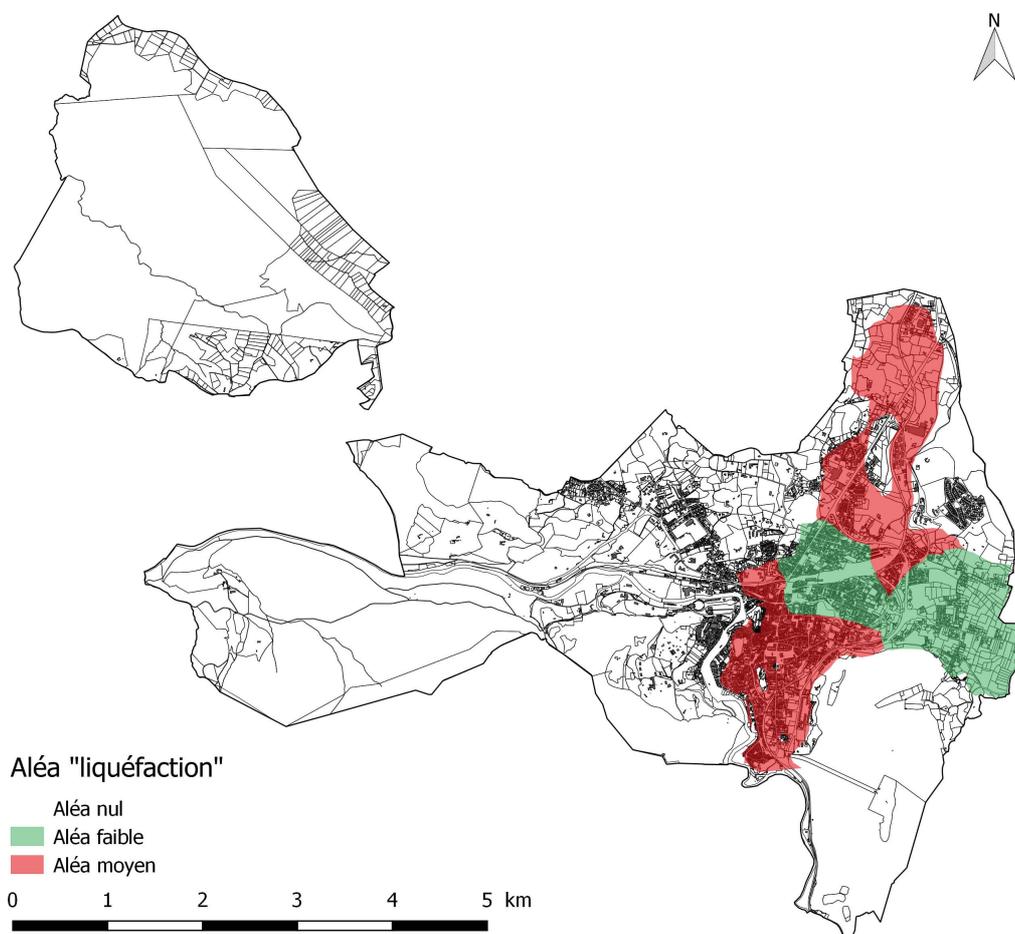


Figure 14 : Cartographie de l'aléa liquéfaction sur Lourdes.

La carte de l'aléa liquéfaction (Figure 14) fait apparaître deux niveaux :

- zones où l'aléa liquéfaction est nul à faible,
- zones où l'aléa liquéfaction est moyen.

Sur le plan réglementaire, seuls les secteurs identifiés comme soumis à un niveau d'aléa liquéfaction moyen feront l'objet de prescriptions en cas de construction sur ces terrains (Tableau 7).

Les zones classées en niveau d'aléa liquéfaction moyen présentent de manière avérée des terrains susceptibles de liquéfier en cas de séisme. Par conséquent, l'étude géotechnique de ces sols devra être systématique pour en connaître l'épaisseur et pour quantifier les conséquences du phénomène sur les fondations et sur le bâti. Cette étude devra être au minimum de niveau G2-AVP suivie d'une étude de niveau G2-PRO (au sens de la norme NF-P 94-500 qui définit les missions d'études géotechniques normalisées).

Niveau d'aléa liquéfaction	Catégorie d'importance du bâtiment				
	I	II		III	IV
		maisons individuelles	autres		
Faible	-	Pas de prescriptions particulières			
Moyen	-	PS-MI89 révisé 92	une étude G2-AVP suivie d'une G2-PRO		

Tableau 7 : Principe de réglementation pour la liquéfaction et le bâti neuf.

6.4. PRÉSENCE DE FAILLES ACTIVES

Selon les recommandations du CEPPRS (Comité d'Evaluation des PPRS) en 2010, il est demandé que les failles ne soient retenues dans le zonage sismique que si elles ont fait l'objet d'une validation scientifique par des tiers (par exemple sous la forme de publication) et si elles sont d'une dimension suffisante pour produire un séisme de magnitude 5,5 à 6,0.

Les structures tectoniques régionales susceptibles d'être réactivées à proximité de la ville de Lourdes sont principalement le chevauchement frontal nord-pyrénéen, au nord de la ville et la faille nord-pyrénéenne au sud de la ville (**Figure 3** et **Figure 5**) Ces deux failles se situent au-delà des limites communales.

Les travaux d'Alasset (2005) et Alasset et Meghraoui (2005) ont identifié une autre faille possible appelée « faille de Lourdes » de direction E-W, qui s'étend sur environ 50 km de long entre Lourdes et Oloron-Sainte-Marie (Figure 5). Des tranchées de paléosismologie montrent des décalages de structure qui ont été interprétés comme des déformations co-sismiques sur les segments central (Capbis) et oriental (Arcizac)

de la faille de Lourdes. L'étude de microzonage sismique (Bernardie et al., 2006) a signalé l'existence possible de cette faille sur le territoire de la commune de Lourdes.

En 2008, un comité d'experts (<http://www.neopal.net/indice.asp?init=on&id=65286001>) ne confirme pas les indices néotectoniques interprétés par les auteurs et émet des doutes sur l'hypothèse de faille active.

En conséquence, dans l'état actuel des connaissances, l'aléa lié à la rupture en surface de faille active sur la commune de Lourdes n'est pas à prendre en compte dans le PPR sismique.

7.

Le plan de zonage et le règlement

Rappelons que le PPRS a pour vocation de réglementer l'utilisation des sols en tenant compte des risques sismiques identifiés sur un territoire d'une part, et de la non aggravation des autres risques naturels d'autre part. Il peut en tant que de besoin :

- promouvoir la possibilité d'un aménagement global dans les espaces à niveaux d'aléa fort où une urbanisation est possible ou dans les zones susceptibles d'aggraver les risques ;
- définir des règles de construction pour diminuer la vulnérabilité des constructions nouvelles.

Le plan de zonage réglementaire doit permettre de savoir en tout point de la commune quelles sont les prescriptions spécifiques à appliquer.

7.1. LES PRINCIPES GÉNÉRAUX D'UN PLAN DE ZONAGE

Les principes conduisant à l'élaboration du plan de zonage réglementaire sont conformes aux textes réglementaires et aux guides techniques du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire.

Les différentes zones sont identifiées à partir du croisement des aléas et des enjeux, où différentes combinaisons expriment différents niveaux de risque (fort, moyen et faible) assimilables à différents niveaux de prescriptions pour la construction et l'aménagement.

Conformément aux principes adoptés dans le PPRN en Martinique (2013), les niveaux d'aléas sismiques ont été qualifiés graduellement de faible à fort, selon des critères spécifiques aux effets directs et induits des séismes. Tout en étant différentes de celles définies dans le PPRN multirisque, ces qualifications s'en rapprochent. En particulier, de par la classification du territoire martiniquais en zone de sismicité forte (zone 5), le niveau caractérisant l'effet direct du séisme est le niveau d'aléa fort.

Les autres niveaux qualifient les phénomènes associés au séisme qui ont été cartographiés et classés selon leur intensité et leur occurrence ; on distingue ainsi les niveaux d' :

Aléa Fort : Les risques de dommages y sont très redoutables. En général, il n'existe pas de mesures de protection efficaces et économiquement opportunes en dehors d'un aménagement de toute une zone concernée par l'aléa. Le niveau d'aléa fort concerne par exemple les phénomènes induits comme la liquéfaction.

Aléa Moyen : Il concerne des zones qui peuvent être le siège de manifestations physiques encore très dommageables notamment en raison de la constitution de leur sous-sol. Il existe cependant des mesures de nature à prévenir les conséquences du risque où à

les rendre supportables à l'égard des biens et activités futurs. Ce niveau d'aléa existe pour les effets de site lithologiques comme pour la liquéfaction.

Aléa Faible : Les risques de dommages y sont limités. Ce niveau concerne également les phénomènes liquéfaction et effets de site lithologiques associés au séisme.

Il est important d'appréhender convenablement cette notion de niveau d'aléa faible, moyen ou fort. Par exemple, un niveau d'aléa faible « effet de site » ne signifie pas nécessairement que le niveau de la secousse soit faible. Un niveau d'aléa faible « effet de site » signifie que l'impact supplémentaire dû à l'effet de site est faible.

Quel que soit le niveau d'aléa, des espaces naturels à préserver peuvent justifier un classement plus sévère. Il convient également, le cas échéant, de considérer des zones dites de protection. Il s'agit de zones non directement exposées, cependant réglementées, si l'aménagement ou l'utilisation incontrôlée peuvent aggraver le risque ou en créer de nouveaux.

Des ajustements à la règle générale peuvent être proposés, compte tenu de la concertation avec les acteurs locaux, de leurs propositions argumentées et de leurs engagements. Ces dérogations peuvent également ponctuellement se justifier vis-à-vis de l'intérêt général (zones protégées notamment).

7.2. LE PLAN DE ZONAGE DE LOURDES

Le plan de zonage réglementaire de l'actuel PPRS reste en cohérence avec celui du Plan de Prévention des Risques Naturels existant pour la commune de Lourdes (PPRN Lourdes, 2005). Les différentes zones possibles et la nature des prescriptions se rapportant au PPRN 2005 sont rappelées dans le Tableau 8. Une zone Beige est rajoutée pour les zones à risque modéré constructible concernée uniquement par l'effet de site lithologique (cf. paragraphe suivant)

Zone	Nature des prescriptions
Rouge	Zone à risque fort inconstructible
Orange	Zone à risque fort constructible sous condition

Bleu	Zone à risque modéré constructible sous condition
Jaune	Champ d'expansion des crues
Beige	Zone à risque modéré constructible soumises à prescriptions particulières limitées

Tableau 8 : Les zones du zonage réglementaire PPRN 2005 à Lourdes.

7.2.1. Les niveaux de prescriptions

Au cours de la compilation des cartographies d'aléa et de leur analyse technique, chaque composante de l'aléa sismique (effets de site lithologiques et topographiques, rupture de faille en surface et liquéfaction) a été examinée séparément. Pour construire la carte unifiée finale destinée à constituer le plan de zonage réglementaire de la commune, chaque aléa sismique attendu sur le territoire est tout d'abord passé en revue. On regarde ainsi si le phénomène est présent ou non sur le territoire de la commune. S'il est présent :

- quels sont les niveaux d'aléa possibles sur le territoire ?
- pour chaque niveau d'aléa, quelle est la nature des prescriptions et le code couleur à y associer ?

Le Tableau 9 montre le principe proposé pour Lourdes. La première colonne liste tous les aléas qu'ils soient présents ou non sur la commune. La seconde colonne indique les niveaux d'aléa possibles sur la commune. Les troisième et quatrième colonnes indiquent la nature des prescriptions et le code de couleur associés.

Ainsi certains aléas ne sont pas présents (rupture de faille, aléa liquéfaction fort). Concernant les effets de site topographiques, les prescriptions sont dites « courantes » ; ce qui signifie qu'aucune prescription particulière n'est associée à ce phénomène ; juste un affichage pour information avec toujours l'obligation de se conformer à la réglementation nationale. Sur le plan de zonage, la zone correspondante ne sera pas colorée (mention « non coloré » dans le tableau).

Phénomène naturel	Niveau d'aléa	Nature des prescriptions	Zone
rupture de faille		non présent	non présente
effets de site lithologiques	aléa nul (Classe 0)	limitées	beige
	aléa faible (Classes 1, 3, 4)	limitées	beige
	aléa moyen (classe 2)	limitées	beige
effets de site topographiques	zones susceptibles	courantes	non colorée (règle nationale)
liquéfaction	aléa faible	courantes	non colorée mais délimitée par un trait noir
	aléa moyen	moyennes	bleu
	aléa fort	non présent sur la commune	non présente

Tableau 9 : Principe proposé pour la détermination des zones du plan de zonage de la commune de Lourdes.

Pour tenir compte des effets de site lithologiques, il est apparu nécessaire d'introduire un niveau de prescription particulier, en zone beige. Les prescriptions associées ne concernent que l'application des spectres de réponse du microzonage en remplacement des spectres forfaitaires de la réglementation nationale. Tout le territoire de la commune est concerné dans la mesure où même pour les sols rocheux sans effets de site (classe 0), il est demandé d'appliquer un spectre de réponse spécifique qui est différent de celui de la réglementation nationale.

Le niveau d'aléa liquéfaction faible ne nécessite pas de prescription particulière en dehors de prescriptions courantes. Sur le plan de zonage, la zone correspondante ne sera pas colorée (mention « non coloré » dans le tableau).

Lorsque plusieurs niveaux d'aléas sont présents sur un même périmètre (Tableau 9), c'est le niveau de prescription le plus élevé qui est retenu. Ainsi pour le cas de Lourdes, la distinction « zone bleue » et « zone beige » correspond en fait à la présence ou non d'un niveau d'aléa liquéfaction moyen.

Aucune zone rouge ou orange n'est définie pour les aléas sismiques sur la commune de Lourdes..

A chaque zone réglementaire (dites « bleue », « beige ») retenue au PPRS, est associé un ou plusieurs règlements en fonction de chaque type d'aléa sismique rencontré. Le détail de ces règlements est donné dans le volet réglementaire du PPRS de Lourdes.

Le plan de zonage réglementaire est donné en Figure 15. Il a été établi à partir des cartes d'aléa issues de l'étude de microzonage sismique, dressées sur les fonds de plan topographiques IGN au 1/25 000 scan25 agrandis au 1/10 000. De ce fait, la précision du zonage réglementaire ne peut être supérieure à celle de la cartographie de l'aléa. En conséquence, **l'échelle d'utilisation du plan de zonage réglementaire est donc 1/10 000** et son exploitation directe à une échelle cadastrale plus fine (1/5 000 ou 1/2 000) est déconseillée. La précision de la donnée initiale présente ainsi une incertitude sur ses contours de l'ordre de 10 mètres..

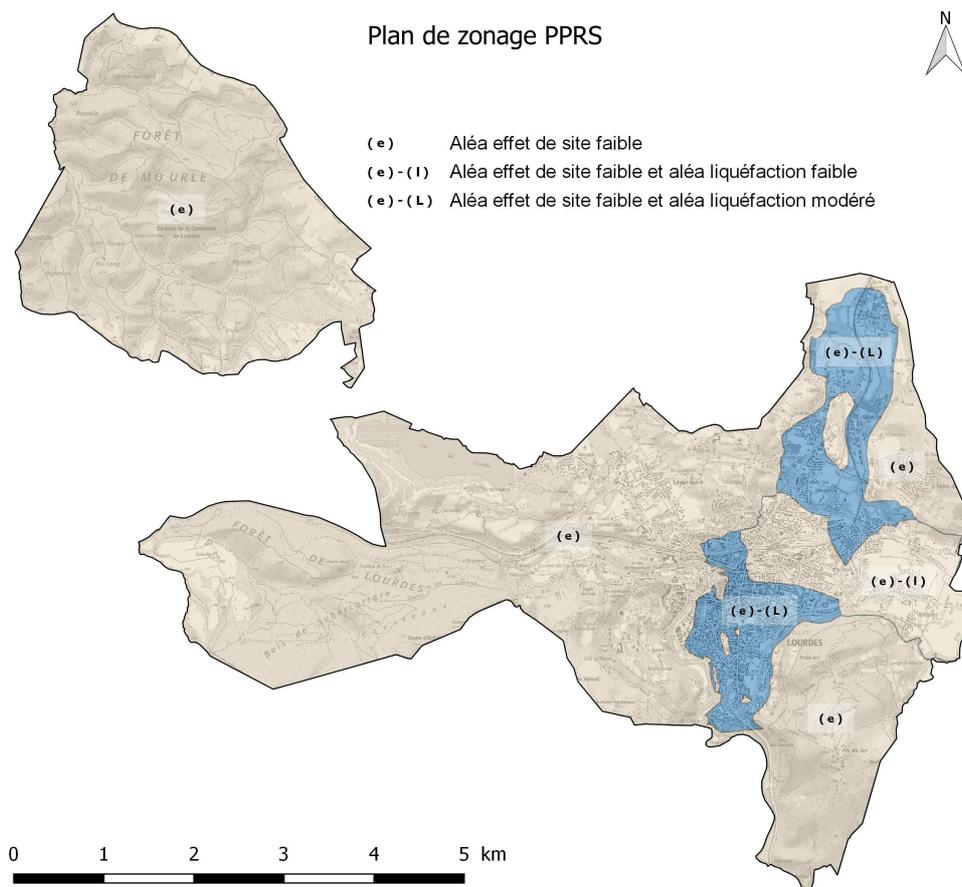


Figure 15 : Plan de zonage PPRS pour la commune de Lourdes.

7.2.2. Zones « bleue »

Les zones « bleues » sont des zones constructibles soumises à prescriptions particulières, qualifiées de moyennes.

Elles cumulent les deux cas suivants :

- zones présentant un aléa effet de site lithologique (e) quel que soit le niveau ;
- zones présentant un niveau d'aléa liquéfaction moyen (L).

Ces zones seront concernées par deux règlements (e) et (L).

7.2.3. Zones « beige »

Les zones « beiges » sont des zones constructibles soumises à prescriptions particulières, qualifiées de limitées.

Elles représentent :

- soit les zones soumises un aléa effet de site lithologique (e) quel que soit le niveau ;
- soit les zones ou se cumulent un aléa effet de site lithologique (e) quel que soit le niveau et les zones présentant un niveau d'aléa liquéfaction moyen (l) n'imposant aucune prescription particulière.

Ces zones seront concernées par un règlement (e).

Remarque :

Les terrains de nature rocheuse présents sur Lourdes (classe 0) sont cartographiés en zone beige, car ils sont caractérisés par un spectre de réponse spécifique à la classe 0 qui se substitue à celui de la réglementation en vigueur.

7.2.4 Le plan des spectres spécifiques

Le niveau d'agression sismique à prendre en compte pour le dimensionnement des structures est défini en fonction des contraintes géologiques particulières à l'emplacement du bâtiment et en fonction de la catégorie d'importance de la structure.

Le plan de zonage en spectres spécifiques du PPRS de la commune de Lourdes est constitué par la carte de la Figure 9. Sur cette figure, les spectres de réponse spécifiques du règlement PPRS y sont désignés classe 0 à classe 4. Le numéro du spectre spécifique à considérer dans chaque zone est identique au numéro de la classe de sols à effets de site lithologiques.

8.

Bibliographie

8.1. TEXTES RÉGLEMENTAIRES ET LEGISLATIFS

Code de l'Environnement,

Code de la Construction et de l'Habitation,

Code de l'Urbanisme,

Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »

<http://legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2010/10/22/DEVP1015475A/jo/texte>

Arrêté du 19 juillet 2011 modifiant l'Arrêté du 22 octobre 2010

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000024403949&dateTexte=>

Arrêté du 25 octobre 2012 modifiant l'Arrêté du 22 octobre 2010

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000026555020&dateTexte=>

Arrêté du 15 septembre 2014 modifiant l'Arrêté du 22 octobre 2010

<http://legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2014/9/15/ETLL1407083A/jo/texte>

8.2. NORMES

NF P06-013 (décembre 1995) - Règles de construction parasismique : règles PS applicables aux bâtiments, dites règles PS92 (P 06-030-1), AFNOR, Paris.

NF P06-014 (mars 1995) - Règles de construction parasismique : construction parasismique des maisons individuelles et des bâtiments assimilés - règles PS-MI 89 révisées 92, AFNOR, Paris.

NF En 1998-1 (septembre 2005) - Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 1 : règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments (P 06-030-1), AFNOR, Paris.

NF En 1998-1/NA (décembre 2007) - Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 1 : règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments (P 06-030-1/NA), Annexe nationale à la NF En 1998-1 :2005, AFNOR, Paris.

NF En 1998-3 (décembre 2005) - Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 3 : évaluation et renforcement des bâtiments (P 06-033-1), AFNOR, Paris.

NF En 1998-3/NA (janvier 2008) - Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 3 : évaluation et renforcement des bâtiments (P 06-033-1/NA), Annexe nationale à la NF En 1998-3 :2005, AFNOR, Paris.

NF En 1998-5 (septembre 2005) - Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 5 : fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques (P 06-035-1), AFNOR, Paris.

NF En 1998-5/NA (octobre 2007) - Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 5 : fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques (P 06-035-1/NA), Annexe nationale à la NF En 1998-5 :2005, AFNOR, Paris.

NF P94-500 (novembre 2013) - Missions d'ingénierie géotechnique - Classification et spécifications, AFNOR, Paris.

8.3. GUIDES

AFPS (1993) - Guide méthodologique pour la réalisation d'études de microzonage sismique.

Fabriol H., Garry G. (2002) - Plan de prévention des risques naturels (PPR) : Risques sismiques - Guide méthodologique, La Documentation Française, 112 p., ISBN 2-11-005156-6.

Bertil D. et Belvaux M. (2014) - Guide méthodologique d'exploitation des microzonages sismiques pour la transcription dans les PPR sismiques aux Antilles françaises. BRGM/RP-64339-FR, 74 p.

Guide de dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti. (2014) Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, Ministère du Logement, de l'Egalité des Territoires et de la Ruralité. 28p.

8.4. PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Alasset, P.J. (2005) - Sismotectonique et identification des sources sismiques en domaine à déformation lente : cas des Pyrénées Occidentales et des Alpes du Nord (France). Le Tsunami créé par le séisme de Zemmouri (MW=6.9, Algérie) du 21 Mai 2003. Thèse de Doctorat de l'université Louis Pasteur, 214 p., 68 fig., 24 tabl.

Alasset, P.J., Meghraoui M. (2005) - Active faulting in the western Pyrénées (France) : Paleoseismic evidence for late Holocene ruptures. *Tectonophysics*, 409, 39-54.

BCSF (2007) séisme d'Argelès-Gazost du 17 novembre 2006, note préliminaire, BCSF2007-RP1, 45 p., 24 fig., 6 annexes. Auteurs Cra M., Schlupp A., Sira C.

Bernardie S., Delpont G., Dominique P., Le Roy S., Negulescu C., Roullé A. (2006) - Microzonage sismique de Lourdes. BRGM/RP-53846-FR, 234 p., 86 fig., 35 tabl., 12 pl.hors texte, 1 volume annexes.

Castéras M. et al. (1970) - Carte géologique de la Feuille de Lourdes (échelle du 1/50 000), n° 1052. Bureau de recherches géologiques et minières. Orléans.

De Martin F. et H. Kobayashi (2010). Etude des effets d'une topographie sur le mouvement sismique. Rapport RP-59103-FR.

Grünthal G., Musson R. M. W., Schwarz J., Stucchi M. (1998). European Macroseismic Scale 1998 (EMS98). Cahiers du centre européen de géodynamique et de séismologie, volume 15, Luxembourg.

Martin C., Combes Ph., Secanell R., Lignon G., Carbon, D., Fioravanti A, Grellet B. (2002) - Révision du zonage sismique de la France; étude probabiliste. Rapport Geo-TER GTR/MATE/0701-150.

Nocquet, J.-M. (2002) - Mesure de la déformation crustale en Europe Centrale par Géodésie Spatiale. Ph.D Thesis, University of Nice Sophia Antipolis, 311 pp.

Riepl-Thomas J., Cotton F. (1999) - Les effets de site : importance, compréhension et estimation, *Cahier technique de l'AFPS n°17*, Failles, ruptures, ondes et mouvements forts pour l'ingénieur : la chaîne de l'aléa sismique, 79 p.

Secanell R., Bertil D., Martin Ch., Goula X. , Susagna T., Tapia P., Dominique P., Carbon C. and Fleta J. (2008) Probabilistic Seismic Hazard Assessment of the Pyrenean Region. *Journal of Seismology*. DOI 10.1007/s10950-008-9094-2. Sibuet J.-C., Srivastava P.H., Spakman W. (2004) - Pyrenean orogeny and plate kinematics. *J. Geophys. Res.*, 109, B08104, doi : 10.1029/2003JB002514.

SISFRANCE (2009) - Base de données SisFrance des séismes historiques (www.sisfrance.net). BRGM, EDF, IRSN.

Wells D.L. and Coppersmith K.J. (1994) - New empirical relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area and Surface Displacement. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **84**, pp. 974-1002.

- Accélération maximale** Pour un séisme donné, valeur maximale de l'accélération mesurée sur les composantes horizontales de l'accélérogramme en un point donné. Unité de mesure : m/s^2 .
- Accélérogramme** Enregistrement par un accéléromètre de l'accélération du sol pendant un séisme. Le terme accélérogramme au rocher s'applique à un enregistrement effectué sur du rocher, i.e. un sol de classe A dans les Eurocode 8.
- Aléa** Événement menaçant ou probabilité d'occurrence, dans une région et au cours d'une période données, d'un phénomène pouvant engendrer des dommages.
- Coefficient d'amplification (Δ)** Coefficient multiplicateur appliqué dans la définition de l'action sismique pour tenir compte de l'effet topographique.
- Contreventement** Ensemble d'éléments de construction assurant la rigidité et la stabilité d'un bâtiment vis-à-vis des forces horizontales engendrées par le vent, les secousses sismiques ou d'autres causes.
- CPT** Essai de pénétration au cône statique. Variante du SPT.
- Drainé** Un sol drainé est un sol sec, un sol non drainé est un sol plus ou moins saturé en eau.
- Effet de site** Amplification (ou atténuation) du mouvement du sol par rapport au mouvement enregistré sur le rocher, causée par les caractéristiques locales du site : géologie, topographie.
- Effets induits** Grands mouvements du sol ou de l'eau déclenchés par la vibration sismique. Soit le séisme joue un rôle de déclencheur (glissement, éboulement, effondrement), soit il est déterminant dans leur genèse (liquéfaction des sols, tsunamis, seiche).
- Enjeux** Personnes, biens, activités, moyens, patrimoines susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel. La notion d'enjeu recouvre une notion de valeur ou d'importance.
- Épicentre** Point de la surface du globe situé à la verticale du foyer d'un séisme. En général, il est au barycentre de la zone où les dégâts sont les plus importants (aire de plus forte intensité macrosismique).
- Faille** Plan de rupture qui divise un volume rocheux en deux compartiments et le long duquel les deux compartiments ont glissé l'un par rapport à l'autre.

Faille active Faille sur laquelle une rupture et un glissement se sont produits à une période récente (derniers 100 000 ans) et dont on présume qu'elle pourrait engendrer un séisme au cours d'une nouvelle et rupture future.

Foyer (ou hypocentre) Lieu où s'est initialisée la rupture de la croûte à l'origine du tremblement de terre.

Intensité (d'un séisme) Mesure de la force destructrice d'un séisme par cotation des effets de la secousse sismique sur les hommes, les bâtiments et l'environnement, et cela en un lieu donné à la surface. L'intensité en un point dépend non seulement de la taille du séisme (magnitude), mais aussi de la distance au foyer, de la géologie locale et de la topographie. Il existe plusieurs échelles d'intensité :

Intensité MSK Ancienne échelle d'intensité des séismes, mise au point en 1964 par Medvedev, Sponheuer et Karnik.

Intensité EMS98 Nouvelle échelle d'intensité « l'Echelle Macrosismique Européenne » (Grünthal, 2001), évaluée en fonction de la répartition qualitative des dommages en fonction des différentes classes de vulnérabilité des bâtiments.

Intensité macrosismique EMS98 : Classification de sévérité de la secousse au sol en fonction des effets observés (personnes, objets, bâtiments...) dans une zone donnée. L'échelle EMS-98 constitue l'échelle de référence en Europe et comporte 12 degrés (notés en chiffres romains). Le degré I correspond à une secousse imperceptible (même dans des circonstances favorables), les dégâts aux bâtiments commencent au degré V et deviennent importants (destructions de bâtiments) à partir de VIII. Le degré XII caractérise une catastrophe généralisée, les effets atteignant le maximum concevable. e. <http://www.franceseisme.fr/ems98.html>

Liquéfaction Transformation momentanée sous l'effet d'une secousse sismique de sols (généralement sables ou vases) saturés en eau, en un fluide sans capacité portante.

Magnitude Mesure la force d'un séisme ou son énergie libérée, à partir des enregistrements sur les sismographes. La magnitude peut être corrélée avec des grandeurs physiques associées à la source, comme la taille du plan de faille ou l'énergie libérée sous formes d'ondes sismiques. Elle n'a pas de limite théorique supérieure ni inférieure.

Microzonage sismique Zonage sismique sur l'ensemble ou une partie d'un territoire communal. Il tient compte du mouvement sismique au rocher (aléa régional) et

des modifications de ce mouvement en fonction des conditions locales (effets de site et effets induits).

Ondes sismiques Ondes élastiques générées par un séisme et se propageant à l'intérieur de la Terre.

Période de retour Intervalle de temps moyen entre deux occurrences successives d'un phénomène. Dans le cas d'un modèle probabiliste de Poisson, on utilise souvent pour les séismes et les bâtiments courants une période de retour de 475 ans, ce qui correspond à une probabilité d'occurrence de 10 % en 50 ans.

Plaque tectonique La couche supérieure rigide de notre planète (lithosphère) est découpée en une douzaine de grandes plaques et en de nombreuses petites. Les plaques sont mobiles et entraînent les continents dans leurs déplacements.

Probabiliste Analyse de l'aléa sismique dans laquelle on prend en compte non seulement l'occurrence historique des séismes dans une région donnée, mais aussi le rythme selon lequel ils se succèdent dans le temps. Dans un zonage probabiliste, les paramètres de mouvement du sol sont calculés pour une probabilité de non-dépassement (voir période de retour) en un site.

Séisme de référence Séisme dont les caractéristiques (magnitude, intensité, profondeur) seront celles utilisées pour la prise en compte de l'aléa sismique ; généralement séisme de magnitude la plus élevée auquel peut être exposée une région donnée.

Signal vibratoire Mouvement oscillatoire du sol soumis à un séisme.

Sismicité Distribution géographique des séismes en fonction du temps.

Sismicité historique Sismicité ressentie par l'homme et qui est décrite dans les textes historiques (Exemple du séisme de 1839 en Martinique).

Sismicité instrumentale Sismicité mesurée par les réseaux de surveillance. Elle n'est bien connue que depuis quelques dizaines d'années.

Sismotectonique Analyse des relations entre les structures géologiques actives (se déformant encore de nos jours) et la sismicité. Elle conduit à identifier des failles actives ou sismogènes et des domaines sismotectoniques.

Sol (au sens géotechnique) Pour un site donné, ensemble des couches proches de la surface caractérisées par leur épaisseur et leurs propriétés mécaniques : densité, rigidité et teneur en eau.

Source sismique Caractérise le mécanisme physique à l'origine du séisme, c'est-à-dire la rupture sur le plan de faille au niveau du foyer sismique.

Spectre de réponse Utilisé par les ingénieurs pour caractériser le système de forces (ou action sismique) qui s'applique à une structure lors d'un séisme. Il s'exprime par un graphe qui donne la réponse en termes d'accélération, de vitesse ou de déplacement, d'un oscillateur simple en fonction de la période, ou de son inverse la fréquence.

L'essentiel des dommages lors de séismes sont dus aux mouvements du sol qui font vibrer les bâtiments. Ces mouvements sont enregistrés notamment par des accéléromètres, sous forme de série temporelle retraçant l'histoire de l'accélération subie par le sol, et donc par les constructions, au cours de la durée du phénomène vibratoire (de quelques secondes à quelques dizaines de secondes). Malgré la très grande variabilité de ces accélérogrammes d'un événement à l'autre, ou d'un site à l'autre, il est indispensable de résumer l'information qu'ils contiennent en un petit nombre de paramètres les plus significatifs possibles quant à leur potentiel destructeur.

Une des approches, communément utilisée par les ingénieurs, consiste à représenter ces mouvements sismiques par un [spectre de réponse élastique](#) en accélération, dénommé par la suite « [spectre de réponse élastique](#) ». En effet, le spectre de réponse permet de déterminer, selon les fréquences caractéristiques des bâtiments et des équipements, l'accélération (et donc la force) maximale à laquelle ils seraient soumis. L'intérêt principal du spectre de réponse vient de ce qu'en première approximation, un bâtiment ou un ouvrage peut être assimilé à un oscillateur simple : la seule connaissance de sa période propre T (liée au type de structure, à la taille et aux propriétés du matériau constitutif) et de son amortissement (lié au matériau et aux dispositions constructives) permet d'estimer l'accélération, la vitesse et le déplacement maximaux subis par l'ouvrage, et, par conséquent, les forces et contraintes à l'intérieur de la structure.

La forme du spectre dépend de la zone de [sismicité](#) et de la classe de sol, alors que l'accélération d'ancrage dépend aussi du coefficient d'importance du bâtiment. Les mouvements sismiques sont décrits dans trois directions spatiales : deux horizontales et une verticale. Les mouvements dans les deux directions horizontales sont, sauf cas exceptionnel, considérés comme identiques en termes de spectres de réponse, le mouvement vertical étant généralement plus faible.

Les formules permettant de calculer les spectres de réponse élastique pour les composantes horizontales et verticale du mouvement sismique sont décrites dans la [norme NF EN 1998-1 septembre 2005](#).

Substratum Terme général désignant ce sur quoi repose une formation géologique prise comme référence. On parle ainsi de substratum géologique, sismique ou géotechnique.

Susceptibilité Ensemble de propriétés intrinsèques des sols favorisant la liquéfaction ou les mouvements de terrain (granulométrie des sables, cohésion etc.).

Vulnérabilité Caractérise la fragilité d'un élément exposé au phénomène sismique. La vulnérabilité physique exprime l'évaluation, qualitative ou quantitative, des dommages que pourraient subir un bâtiment (ou plusieurs bâtiments de même type) pour différents niveaux de séismes. Elle peut être quantifiée sur une échelle variant de zéro (aucun dommage) à une (perte totale).

10.

ANNEXE : Définition catégorie d'importance

L'arrêté ministériel du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », précise la classification des ouvrages à risque normal comme suit :

• Catégorie I :

- les bâtiments dans lesquels est exclue toute activité humaine nécessitant un séjour de longue durée et non visés par les autres catégories du présent article.

• Catégorie II :

- les bâtiments d'habitation individuelle ;
- les établissements recevant du public des 4^{ème} et 5^{ème} catégories au sens des articles R. 123-2 et R. 123-19 du code de la construction et de l'habitation, à l'exception des établissements scolaires ;
- les bâtiments dont la hauteur est inférieure ou égale à 28 mètres : bâtiments d'habitation collective et bâtiments à usage commercial ou de bureaux, non classés établissements recevant du public au sens de l'article R. 123-2 du code de la construction et de l'habitation, pouvant accueillir simultanément un nombre de personnes au plus égal à 300 ;
- les bâtiments destinés à l'exercice d'une activité industrielle pouvant accueillir simultanément un nombre de personnes au plus égal à 300 ;
- les bâtiments abritant les parcs de stationnement ouverts au public.

• Catégorie III :

- les établissements scolaires ;
- les établissements recevant du public des 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} catégories au sens des articles R. 123-2 et R. 123-19 du code de la construction et de l'habitation ;
- les bâtiments dont la hauteur dépasse 28 mètres : bâtiments d'habitation collective et bâtiments à usage de bureaux ;
- les autres bâtiments pouvant accueillir simultanément plus de 300 personnes ;
- les bâtiments des établissements sanitaires et sociaux, à l'exception de ceux des établissements de santé qui dispensent des soins de courte durée ou concernant des affections graves pendant leur phase aiguë en médecine, chirurgie et obstétrique, et qui sont mentionnés à la catégorie IV ci-dessous ;
- les bâtiments des centres de production collective d'énergie quelle que soit leur capacité d'accueil et répondant au moins à l'un des trois critères suivants (production électrique > 40MW ; production thermique > 20MW ; débit d'injection dans le réseau de gaz > 2000 Nm³/h).

• Catégorie IV :

- les bâtiments dont la protection est primordiale pour les besoins de la sécurité civile et de la défense nationale ainsi que pour le maintien de l'ordre public ;
- les bâtiments contribuant au maintien des communications ;
- les bâtiments et toutes leurs dépendances fonctionnelles assurant le contrôle de la circulation aérienne des aérodromes classés dans les catégories A, B et C2 (ITAC) ;
- les bâtiments des établissements de santé qui dispensent des soins de courte durée ou concernant des affections graves pendant leur phase aiguë en médecine, chirurgie et obstétrique ;
- les bâtiments de production ou de stockage d'eau potable ;
- les bâtiments des centres de distribution publique de l'énergie ;
- les bâtiments des centres météorologiques.