



Depuis maintenant plus de dix années, le groupe APS (Archéologie, Pathologies, Sismicité) tente de répondre à une demande précise : réunir sur le terrain et dans des rencontres régulières le plus grand nombre de spécialistes intéressés à l'étude pluridisciplinaire des tremblements de terre du passé et à leurs effets sur les édifices anciens. Archéologues, géologues, ingénieurs du génie civil, historiens et sismologues se sont donné pour objectif de commenter et de confronter des points de vue et des savoirs complémentaires en partant d'exemples précis et concrets.

La tenue des Rencontres du Groupe APS comme forum de discussion et de confrontation des compétences et des réflexions en est l'expression. Il est ainsi apparu que la publication des Actes de ces Rencontres était une démonstration essentielle des résultats obtenus et qu'il fallait leur donner la meilleure chance de diffusion.

C'est pourquoi les fondateurs et animateurs du Groupe APS ont décidé de proposer ici, sous la forme d'un volume unique, les Actes des VI^e et des VII^e Rencontres que le Groupe a organisées en octobre 2002 et mai 2005.

Les VI^e Rencontres ont eu pour thème central « Environnement, bâti ancien et société ». La présence des représentants les plus autorisés pour parler des politiques de prévention a permis de souligner l'actualité récente, comme l'inondations du Gard et la secousse sismique de Lorient du 2 octobre 2002, ainsi que la difficulté d'adapter la réglementation aux risques encourus localement puis de la faire appliquer. Si la mise en place d'une réglementation nationale est une entreprise difficile, celle d'une réglementation locale l'est encore beaucoup plus. Dans ce cas les facteurs économiques pèsent lourd pour les décideurs, quand il faut faire porter des charges supplémentaires par certains groupes particuliers (propriétaires immobiliers, aménageurs), et le paramètre coûts-avantages qui résulte de toute étude de prévention ne tient pas dans tous les cas l'équilibre quand il faut mettre en balance les charges en question avec la réduction incertaine des pertes de vies et de biens. D'autre part les événements catastrophiques à faible probabilité comme les inondations ou les séismes sont éclipsés par des dangers plus immédiats, criminalité, terrorisme et circulation routière, qui préoccupent le public au quotidien. Il faut alors définir ce qu'est le « risque acceptable » que la société exige et assume à la fois. La question est vaste et le débat reste ouvert.

La prise en compte des sciences humaines dans la gestion du risque sismique aussi bien que dans l'évaluation de la vulnérabilité, celle de l'archéosismicité et des méthodologies analytiques de l'archéologie par les disciplines scientifiques démontrent à quel point la collaboration est possible, nécessaire et souhaitable. Les communications de B. Chetouane et de D. Combescurre publiées ici illustrent cette collaboration et nous apportent dans ce cadre des éléments de réponse et de réflexion qui concernent aussi directement notre travail sur les églises de Cerdagne. Les apports des communications fondées sur des observations de terrain constituent l'amorce de véritables cas d'étude et nous paraissent très pertinents par les interrogations qu'elles suscitent (A. Chaillou et H. Gillan, A. Laurenti). D'autres

exemples en France (G. Quenet, G. Poursoulis, A. Levret et N. Lambert) et en Belgique (P. Alexandre, D. Kusman et T. Camelbeeck) soulignent la nécessaire validation de la méthode de lecture archéologique du bâti associée à l'interprétation des textes historiques et aux observations *in situ*, mais montre aussi les difficultés rencontrées dans l'étude des séismes les plus anciens.

Le Groupe APS étudie comment réaliser un certain nombre de ces cas d'étude. Dans ce domaine tout reste pratiquement à faire et la richesse des observations et des informations que l'on entrevoit dans les présentations et les discussions nous poussent certainement à les développer. D'autres exemples d'observations sur l'environnement naturel soulèvent de nombreuses interrogations qui requièrent la mise en oeuvre d'investigations dans des domaines complexes (M. Bois, G. Poursoulis, J. Vogt). La réalisation du premier musée européen de paléosismologie et archéosismologie en Grèce (R. Caputo et B. Helly) met en lumière l'intérêt de ces recherches transdisciplinaires.

L'une des préoccupations qui s'est manifestée dans les discussions des Vie Rencontres conduit à insister sur la recherche de solutions concrètes de renforcement du bâti ancien. La communication d'E. Leroi et de son équipe ou celle de M. Robin-Clerc constituent autant de pistes qu'il conviendra de synthétiser et développer. De ce point de vue, la notion de comportement des communautés permet sans doute d'envisager des éléments de réponse. Devant la question « que peut-on faire pour réduire la vulnérabilité sismique du bâti ancien dans les zones de sismicité modérée ? » nous avons souvent l'impression que face à l'ampleur du problème et à la complication des réglementations, finalement, on ne fait rien.

Pourtant, la survivance même des constructions anciennes, la réalité des centres historiques sont là pour témoigner que ces constructions sont tout à fait capables de résister à un certain nombre d'événements, puisque justement elles sont toujours présentes. Encore faut-il que ces bâtis soient correctement entretenus et réparés, quand il le faut et avec les matériaux avec lesquels ils ont été conçus. C'est alors que l'on doit veiller à ce que des erreurs constructives ne soient pas commises. Il faut prendre garde également à ce que la structure de ces bâtis ne soit pas modifiée de manière exagérée et que les modifications introduites n'aillent pas à l'encontre de la résistance qui avait été évaluée pour l'état d'origine. On pourrait citer quelques exemples comme les ajouts de terrasses en béton au dernier étage d'immeubles dont les murs en maçonnerie sont fait de matériaux de qualité médiocre, les ouvertures de portes de garages ou de vitrines de magasin dans des rez-de-chaussée, les fenêtres de grande dimension avec encadrements en béton armé dans des murs en petite maçonnerie. Ces exemples montrent qu'au-delà des paramètres purement techniques des transformations, le comportement constructif des communautés peut ne pas être adapté à la situation.

Ainsi la première des mesures de réduction de la vulnérabilité doit-elle passer par une phase qui consiste à analyser et identifier les erreurs constructives et à arrêter d'en commettre de nouvelles, puis à supprimer, dans la mesure du possible, celles qui ont été faites. C'est dans cette phase de diagnostic que le Groupe APS, par la pluridisciplinarité de ses compétences et par l'expérience acquise sur le terrain, peut apporter des éléments de réponse. La deuxième étape serait de renforcer par des mesures incitatives l'entretien de l'existant et d'adapter au mieux la réglementation parasismique à la prise en compte des réhabilitations et rénovations de ce bâti, qui constitue aujourd'hui la majorité du parc immobilier français. C'est dans ce sens que réfléchit l'Association française de génie parasismique (AFPS), à laquelle participe le Groupe APS. Cette réflexion, fortement alimentée par les travaux des ingénieurs italiens, devrait s'ouvrir davantage encore sur ceux des chercheurs en sciences humaines, afin d'étudier le rapport qui existe entre le développement économique souhaitable et la réduction de la vulnérabilité, ou pour réintroduire des savoir-faire et des matériaux locaux dans les travaux de réhabilitation et de rénovation du bâti ancien, en utilisant les techniques anciennes correspondant aux capacités techniques, matérielles et financières des petites entreprises artisanales. Cette démarche répond par ailleurs à la nécessité et à la contrainte de protection et de préservation du patrimoine que représentent les centres anciens de nos villes et agglomérations.

Les Ville Rencontres du Groupe APS avaient pour thème « Patrimoine bâti ouvert au public ». Nous avons voulu centrer notre réflexion sur les établissements recevant du public (ERP) qui ont une valeur patrimoniale et qui sont situés en zone à risque sismique. En effet, les plans de prévention aux risques (PPR) visent à limiter les risques pour les constructions à venir, mais la gestion de l'existant conditionne plus fortement la réduction à long terme du coût des catastrophes naturelles. Que dire alors des prescriptions imposées sur le patrimoine bâti existant qui est ouvert au public et de leur mise en

application ? L'efficacité de ces mesures de prévention propres à assurer la sécurité des personnes et la sauvegarde du caractère patrimonial restent encore hypothétique car ces deux impératifs apparaissent parfois difficilement conciliables. On constate, en effet, que l'efficacité des mesures de prévention des risques naturels dépend pour une bonne part de la connaissance qu'ont les habitants des menaces auxquelles ils sont exposés. D'après une enquête réalisée en 2004 par le Crédoc, pour l'ensemble de la population française, le risque sismique se place loin derrière les risques de tempête, d'inondation et même de sécheresse — enquête réalisée par le Crédoc pour l'Institut Français de l'Environnement (IFEN), publiée dans la Revue de l'IFEN no 99, janvier 2005, p. 1 à 4. Même dans les zones exposées aux séismes, un quart seulement de la population se sent menacé. On voit donc l'importance de la perception sociale du risque dans l'efficacité des mesures de prévention : cette perception passe d'abord par l'information, la sensibilisation et l'éducation. C'est l'un des axes majeurs du Plan Séisme mis en oeuvre par le Ministère de l'écologie et du développement durable (MEDD). L'information du public, la formation des professionnels de la construction et des collectivités est un enjeu essentiel dans la politique de prévention des risques sismiques.

Pour le Groupe APS, le caractère ERP est examiné à partir de l'observation d'édifices anciens sur lesquels les intervenants se sont proposés de réfléchir, justement parce que ces bâtiments reçoivent du public et non pas uniquement parce qu'ils ont valeur patrimoniale. Nous avons voulu aborder le thème de la vulnérabilité de ce patrimoine bâti ouvert au public à partir des acquis de l'archéosismicité. C'est à travers l'approche de la lecture archéologique des bâtis anciens que sont développés d'abord les problèmes relatifs au diagnostic et aux éléments de réponse technique identifiés sur ce bâti patrimonial.

La réflexion qui est menée à travers ces communications peut apporter des éléments à la politique régionale de diagnostic et de renforcement du bâti existant prévu dans le cadre du Plan Séisme.

L'analyse et le diagnostic de ce bâti à partir de la méthodologie de lecture archéologique doivent permettre une meilleure compréhension des atteintes et des contraintes que les événements sismiques ont éventuellement pu apporter aux édifices au cours de leur histoire. L'apport des éléments de culture sismique locale que l'on observe dans les régions à forte sismicité comme celles du pourtour méditerranéen peut fournir pour ces bâtiments des réponses particulièrement opportunes en matière de consolidation et de renforcement, des réponses adaptées en même temps aux impératifs de protection et de préservation du caractère patrimonial des édifices. Dans les régions de sismicité modérée comme la France, de telles réponses paraissent moins évidentes et le concept de cultures sismiques locales, tel qu'il a été défini il y a une vingtaine d'années déjà par le Centre Universitaire Européen pour les Biens Culturels (CUEBC) de Ravello, à partir d'expériences italiennes et plus largement méditerranéennes paraît au premier abord peu approprié — travaux du CUEBC de Ravello publiés en 2005 dans *Ancient building and earthquakes. Reducing the vulnerability of historical built-up environment by recovering the Local Seismic Culture: principles, methods, potentialities* par F. Ferrigny, B. Helly, A. Mauro, L. Mendes Victor, P. Pierotti, A. Rideaud, P. Teves Costa.

Ce concept repose en effet sur la notion de degré de risque accepté et entretenu par des événements majeurs fortement récurrents comme ceux qui frappent l'Italie. En France, comme l'a mis en évidence le Crédoc, la population a perdu la mémoire des quelques événements destructeurs qui jalonnent de loin en loin l'histoire sismique française. Pour cette raison, il nous semble plus adapté d'envisager comme des anomalies constructives sismo-résistantes les dispositifs fournissant les réponses techniques les plus judicieuses pour conforter les édifices anciens qui font la richesse patrimoniale de nos régions. Le terme d'anomalie est ici utilisé pour signaler une « irrégularité » dans la mise en oeuvre des techniques constructives au cours de l'histoire de chaque bâtiment, irrégularité que l'on peut interpréter comme une intervention positive en matière de renforcement et de diminution de la vulnérabilité.

Le diagnostic qu'apporte la lecture du bâti peut être conforté par des modélisations physiques et numériques. Dans ce domaine, une fois encore, le groupe APS s'est donné pour objectif d'établir un lien entre les ingénieurs et les archéologues et architectes. Les premiers sont d'habiles modélisateurs, mais la pertinence de leurs résultats dépend de la qualité et de la précision des faits observés portés à leur connaissance par les seconds, observateurs compétents et expérimentés de ces bâtis. Ensemble ils peuvent ainsi construire une description la plus fine possible de la vulnérabilité du bâtiment face à l'agression sismique. Cette compréhension doit permettre d'orienter vers les procédés les plus pertinents pour la protection des édifices tout en préservant leur valeur culturelle et historique.

Il ne faut pas minimiser la difficulté du problème, car les bâtiments anciens en maçonnerie traditionnelle ont une longue histoire de renforcements, de réparations et de modifications qui rendent leur comportement sous sollicitation sismique fortement non linéaire et complexe. C'est la raison pour laquelle

les modèles numériques élaborés doivent être confortés et validés par l'observation des désordres visibles sur le bâti, identifiés comme des dommages sismiques ou comme des réparations post-sismiques.

La lecture archéologique permet cette identification et la reconnaissance des mécanismes de ruine à l'origine des dégâts, ainsi que les points de fragilité des différents éléments structurels du bâtiment. Ces observations sont comparées puis validées sur des édifices de typologie semblable dans des régions de forte sismicité. C'est l'objet des communications qui abordent les aspects réglementaires sous l'angle de la modélisation. Des courbes de vulnérabilité standard par typologie — églises, monastères, palais, châteaux, tours, mosquées, ponts — sont proposées en fonction d'un aléa prévu, elles donnent le niveau des dégâts attendus sur chaque type de monuments. Ces courbes ont seulement une valeur statistique représentative d'une typologie donnée et doivent être évidemment affinées par une étude détaillée des éléments propres de vulnérabilité, conditions géotechniques du sol, caractéristiques géométriques particulières, qualité et hétérogénéité d'ensemble des matériaux et niveau d'entretien, identifiés par une lecture fine de l'histoire de l'édifice. Il est important d'insister d'abord sur le niveau d'entretien qui a une grande incidence sur la vulnérabilité des constructions, ensuite sur l'irrégularité géométrique de la structure.

La diversité des édifices monumentaux est si grande qu'aucune réglementation parasismique ne les prend véritablement en compte. Ainsi, dans la norme en-1998 de l'Eurocode 8 qui traite du calcul des structures pour la résistance aux séismes, très peu de dispositions constructives concernent les constructions en maçonnerie. Par contre, selon les prescriptions de cette norme, il est seulement suggéré d'effectuer les réparations à faible coût, une exigence qui n'est pas suffisante dans le cas des édifices recevant du public. Pour ceux-ci, toute intervention doit impérativement garantir la protection du public tout en assurant la conservation et la transmission du patrimoine à ce même public. Ces deux impératifs sont parfois difficilement conciliables et les interventions concrètes menées sur les bâtis anciens soumis aux contraintes des ERP font apparaître les difficultés et les limites des réhabilitations nécessaires à leur réutilisation, des réhabilitations qui peuvent entraîner la perte de leur valeur culturelle et historique.

Les communications présentées dans le cadre de ces VIe et VIIe Rencontres et rassemblées dans ce volume apportent, croyons-nous, des éléments de réponse à l'un des objectifs majeurs fixés par le Programme national de prévention du risque sismique (PNPRS) que le Ministère de l'écologie et du développement durable (MEDD) a décidé de mettre en oeuvre à partir de 2006 pour les six prochaines années.