

CONFERENCE TECHNIQUE TERRITORIALE

RESILIENCE ET OUVRAGES D'ART: DU CONSTAT À L'ACTION

Cerema Méditerranée Aix en Provence

MARDI

31
mai
2022



La résilience des OA vis-à-vis des risques naturels

LA DÉMARCHE SISMET D'ÉVALUATION PRÉLIMINAIRE DU RISQUE SISMIQUE SUR UN ITINÉRAIRE EN ZONE URBAINE APPLICATION SUR LA RÉGION DE NICE

Denis Davi, pôle « Réduction des risques sismiques et hydrauliques appliquée aux Ouvrages d'Art », Cerema Méditerranée

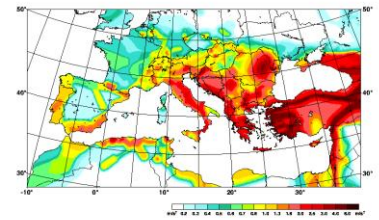
Éric Descamps, responsable du service OA, Direction des Infrastructures de la Métropole Nice Côte d'Azur



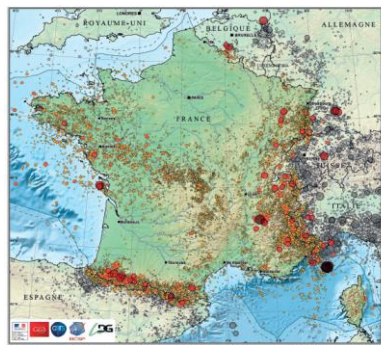
SOMMAIRE

- Contexte de l'étude
- Le montage du projet
- La démarche méthodologique développée et son application sur la région de Nice
- Eléments de conclusion
- Suites à donner

ÉLÉMENTS DE CONTEXTE



- **Le Sud-Est de la France : une zone de sismicité dite « moyenne »**
Contexte comparable avec l'Italie (Aquila 2009 et Amatrice 2016) en termes d'intensités (M 6,3 - 300 morts) même si fréquence d'évènements beaucoup moins élevée
- **2013 : CAPRiS (Cadre national d'Actions pour la Prévention du Risque Sismique) appelant des déclinaisons territoriales** (plans séisme régionaux et départementaux)
- **Les infrastructures routières : éléments déterminants de l'organisation des secours et de la gestion de crise en cas d'événement sismique :**
Acheminement des secours (humains et matériels), accès aux victimes, évacuations, desserte de certains équipements stratégiques (hôpitaux, casernes...), reprise de l'activité...



Sismicité Instrumentale de l'Hexagone 1962-2009

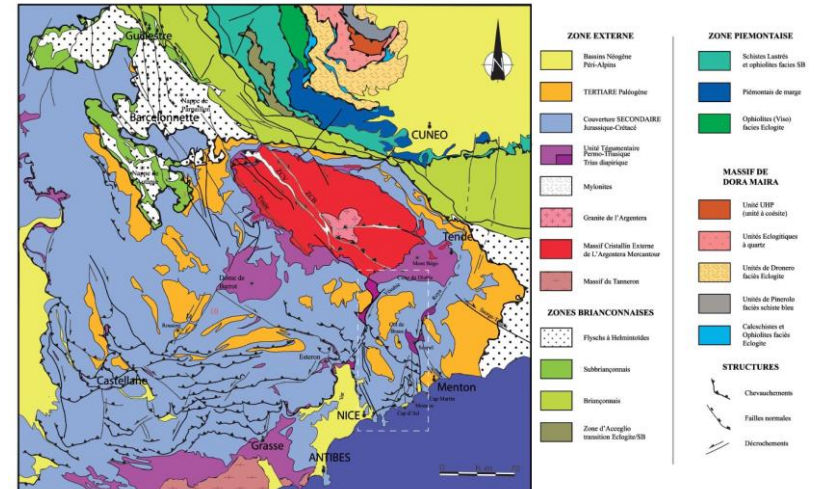
Figure 80 - Carte de la sismicité instrumentale de la France métropolitaine entre 1962 et 2009 (Source : BCSF) [53]



ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

Spécificités de la région Niçoise

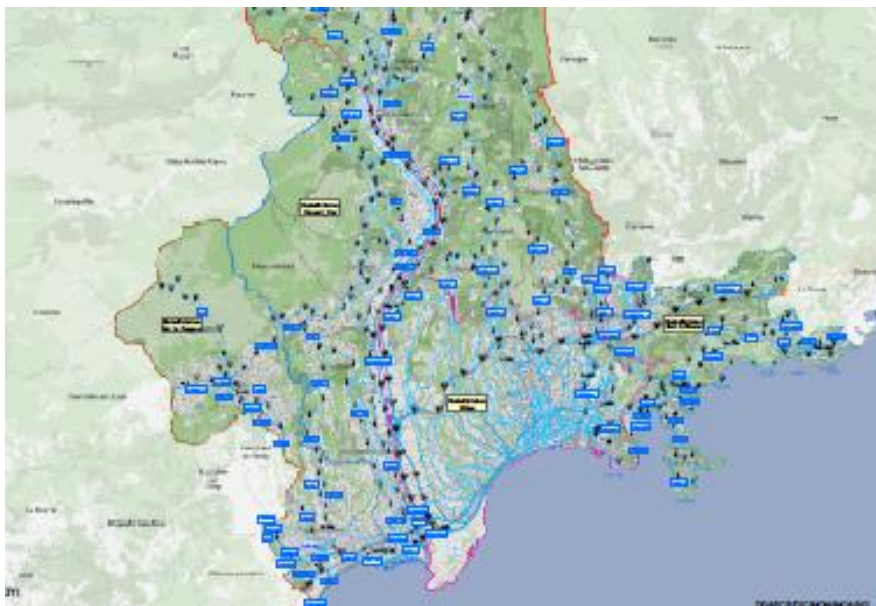
- Un relief escarpé (rapidement depuis la mer),
- Une géologie variée,
- Une frontière naturelle: le fleuve Var,
- Des séismes marquants.



ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

Spécificités de la Métropole niçoise

- Un patrimoine d'ouvrages d'art important (MNCA) (plus de 1000 ponts et 3000 murs recensés),
- Une partie du réseau routier exposée à l'aléa éboulement,



ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

Dans un contexte de moyens non extensibles, nécessité pour les maîtres d'ouvrages de :

- Hiérarchiser les enjeux
- Disposer d'outils de diagnostic / renforcement optimisés applicables aux ouvrages les plus critiques

→ FINALITÉ DE LA DÉMARCHE MISE EN ŒUVRE

- Identifier les itinéraires prioritaires pour la gestion de crise
- Évaluer leur sensibilité aux aléas sismiques
- Définir une stratégie de durcissement pragmatique et efficiente dans un contexte de moyens limités

LE MONTAGE DU PROJET

Genèse de l'étude

- **2016** : Prise de contact du **Cerema** auprès de **MNCA** et du **CD06** pour un projet de partenariat R&D baptisé « **SISMET** » sur l'évaluation préliminaire du risque sismique sur les infrastructures urbaines ou inter-urbaines
- **2017** : Demande de la **Préf. 06** aux gestionnaires routiers et autoroutier du département de réaliser des études de vulnérabilité sur un itinéraire de secours prioritaire pour la traversée Ouest-Est de Nice, défini en lien avec la sécurité civile (SDIS 06)

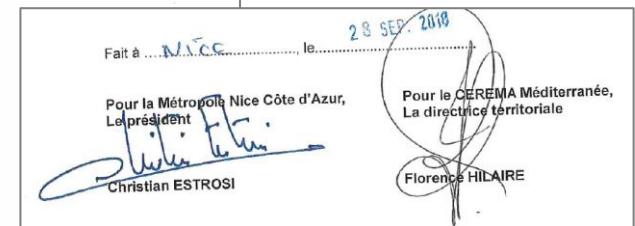
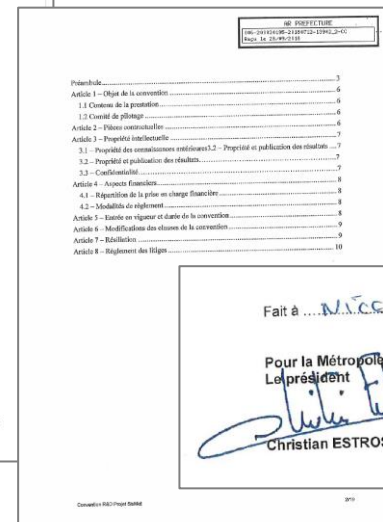
➔ Des objectifs convergents et une démarche gagnant / gagnant :

- 😊 • **Pour la préfecture et la DDTM 06** (*plan séisme 06*) : Sécuriser un itinéraire de secours prioritaire fiable dans le cadre du plan ORSEC 06
- 😊 • **Pour les gestionnaires routiers** (*métropole Nice Côte d'Azur, CD 06 et société Escota*) :
 - Répondre à la requête préfectorale...
 - Évaluer leur patrimoine d'infrastructures en vue d'une orientation ciblée des actions à mener dans un souci d'efficience financière et organisationnelle
- 😊 • **Pour le Cerema** :
 - Expérimenter et valider une méthodologie sur un territoire emblématique et sensible

LE MONTAGE DU PROJET

Genèse de l'étude

- ➔ Convention de partenariat R&D signée entre la Métropole Nice Côte d'Azur et le Cerema en sept. 2018
 - En parallèle avec le CD06 (convention R&D) et Escota (mission d'AMO / expertise)
 - Sous la supervision générale de la DDT 06, responsable du Plan Séisme 06 pour le compte de la Préfecture des Alpes-Maritimes



LA DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE DÉVELOPPÉE ET SON APPLICATION À LA RÉGION DE NICE

Le projet R&D SISMET

- S'inscrit dans une logique d'ouverture progressive du Cerema aux collectivités territoriales (*positionnement en appui à la mise en œuvre des politiques publiques*)
- Déclinaison des outils SISMOA / SISMUR / SISROUTE initialement développés pour le RRN au **contexte urbain ou inter-urbain**



- Desserte locale d'enjeux particuliers (*zones densément peuplées, hôpitaux, casernes, EHPAD, salles de spectacles, centres commerciaux, pôles de transport, écoles...*)
- Zones de congestion, entrées de ville
- Segmentations de l'espace urbain (*rivières, cols, voies ferrées*)
- Interaction / redondance des réseaux de transport
- Solidarité inter-communale (*desserte, accès des secours...*)
- Risque d'effondrement des bâtiments sur les routes

LA DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE DÉVELOPPÉE ET SON APPLICATION À LA RÉGION DE NICE

3 étapes opérationnelles successives

- ➔ Raffinement croissant du niveau d'analyse et resserrement progressif du périmètre d'étude



Figure 19 : Cartographie des itinéraires prioritaires (démarche SISMET - Approche sécurité civile / gestion de crise)



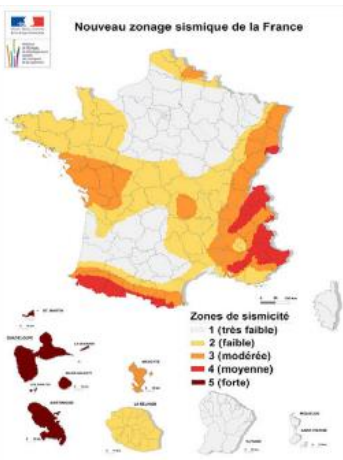
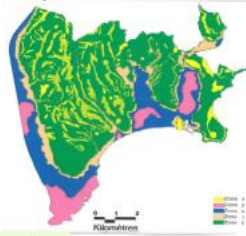
LA DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE DÉVELOPPÉE ET SON APPLICATION À LA RÉGION DE NICE

Évaluation à partir du croisement de critères

Aléa – Vulnérabilité – Importance

Aléa vibratoire (effet direct)

- Zonage réglementaire (*différentes périodes de retour*)
- Microzonages
- Séismes de scénarios



Aléas induits (effets indirect)

- Liquéfaction des sols
- Chutes de blocs
- Glissements de terrains
- Effondrements de bâtiments

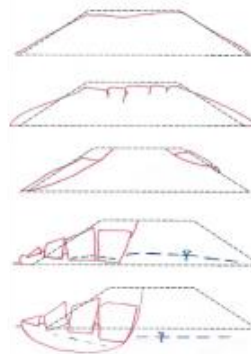
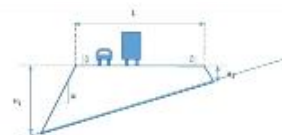
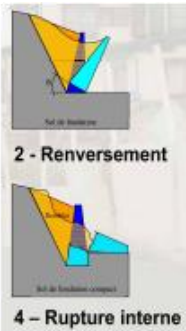


LA DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE DÉVELOPPÉE ET SON APPLICATION À LA RÉGION DE NICE

Évaluation à partir du croisement de critères

Aléa – Vulnérabilité – Importance

- Ponts
- Murs de soutènement
- Talus (remblais / déblais)
- Tunnels

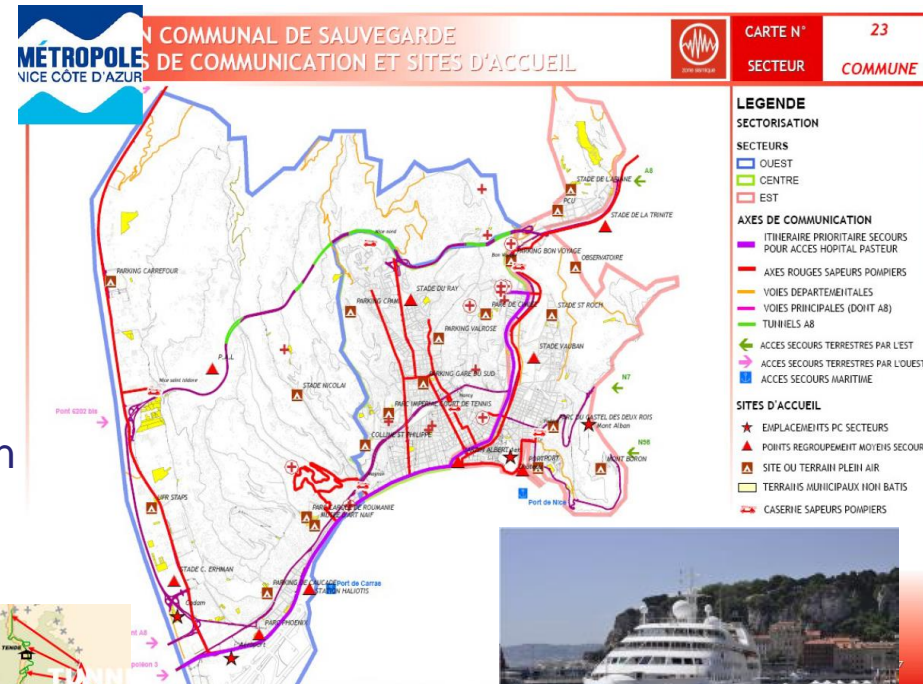


LA DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE DÉVELOPPÉE ET SON APPLICATION À LA RÉGION DE NICE

Évaluation à partir du croisement de critères

Aléa – Vulnérabilité – Importance

- Enjeux court terme / long terme
- Dessertes d'équipements stratégiques
- Accès aux zones sensibles / fragiles
- Déviations / redondance
- Poss. rétablissements provisoires d'urgence
- Franchissements segmentations espace urbain



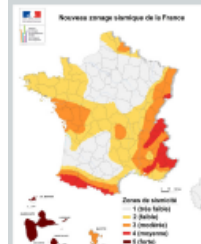
LA DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE DÉVELOPPÉE ET SON APPLICATION À LA RÉGION DE NICE

Étape 1 : Hiérarchisation des itinéraires

- Echelle très macro
- Approche qualitative

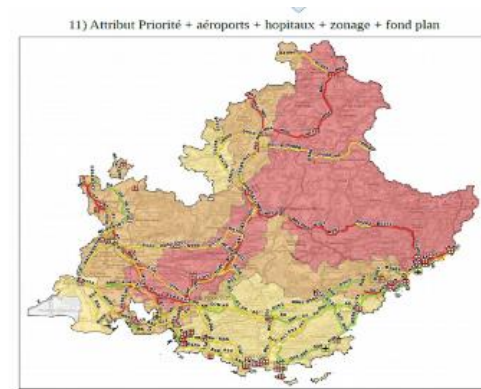
➔ Proposition d'une approche basée sur les recommandations générales du guide Sétra « Maîtrise des risques – Application aux ouvrages d'art », avec :

- $P = \alpha_A \cdot A \otimes \alpha_V \cdot V \otimes \alpha_I \cdot I$ avec $\alpha_I > \alpha_A \gg \alpha_V$
- « I » basé sur matrice d'importance « itinéraire »
- « A » basé sur carte de zonage national + analyse « grande maille » des effets de site et induits (*bassin sédimentaire, vallée alluvionnaire, zones de relief prononcé...*)
- « V » basé sur une analyse très sommaire :
 - Date de réalisation (ou conception)
 - État de santé structurel global des ouvrages
 - Nombre d'ouvrages d'art sur le tronçon (ponts et murs)
 - Nombre d'ouvrages non-courants
 - Nombre de passages inférieurs (hors cadres et portiques)



- Grille de paramètres simples, accessibles et facilitant une exploitation SIG

Itin	Gest.	PR début	PR fin	Dpt	Zone sismique	PR ₁ V	A	A (niveau)	PR ₁ V	V	V (niveau)	R	R (niveau)	I _{Itin}	I	I (niveau)	P	P (niveau)
A7	DIR Med	280	280	13	2-Faible	-7	5	faible	4	4	moyen	3	modéré	57	4	moyenne	2	moyenne
A7	DIR Med	279	279	13	2-Faible	-7	5	faible	4	4	moyen	3	modéré	57	4	moyenne	2	moyenne
A7	DIR Med	275	278	13	2-Faible	-7	5	faible	7	4	fort	3	modéré	57	4	moyenne	2	moyenne
A7	DIR Med	274	274	13	2-Faible	-5	5	moyen	7	4	fort	3	modéré	57	4	moyenne	2	moyenne
A7	DIR Med	272	272	13	3-Moyenne	-2	5	moyen	4	4	moyen	4	moyen	57	4	moyenne	1	élevée
A7	DIR Med	273	273	13	2-Faible	-5	5	moyen	4	4	moyen	3	modéré	57	4	moyenne	2	moyenne
A7	DIR Med	270	271	13	3-Moyenne	-2	5	moyen	8	1	faible	1	très faible	56	4	moyenne	3	faible
A7	DIR Med	267	268	13	3-Moyenne	-4	5	moyen	4	4	moyen	3	modéré	56	4	moyenne	2	moyenne
A7	DIR Med	269	269	13	3-Moyenne	-2	5	moyen	4	4	moyen	4	moyen	56	4	moyenne	1	élevée
A7	DIR Med	265	268	13	3-Moyenne	-3	5	moyen	8	1	faible	1	très faible	57	4	moyenne	3	faible
A7	DIR Med	261	264	13	3-Moyenne	-3	5	moyen	4	4	moyen	5	modéré	56	4	moyenne	2	moyenne
A7	DIR Med	255	259	13	3-Moyenne	3	4	moyen	4	4	moyen	5	fort	50	4	moyenne	1	élevée
A7	DIR Med	260	280	13	3-Moyenne	-3	5	moyen	4	4	moyen	5	modéré	50	4	moyenne	2	moyenne
A7	DIR Med	13	13	13	3-Moyenne	-3	5	moyen	4	4	moyen	3	modéré	50	4	moyenne	2	moyenne
A7	ASF	253	253	13	3-Moyenne	2	5	moyen	10	5	fort	4	moyen	56,5	4	moyenne	1	élevée
A7	ASF	254	254	13	3-Moyenne	-4	5	moyen	10	5	fort	3	modéré	56,5	4	moyenne	2	moyenne
A7	ASF	248	252	13	4-Moyenne	8	5	fort	10	5	fort	5	fort	56,5	4	moyenne	1	élevée
A7	ASF	13	13	13	4-Moyenne	8	5	fort	7	4	fort	5	fort	56,5	4	moyenne	1	élevée



LA DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE DÉVELOPPÉE ET SON APPLICATION À LA RÉGION DE NICE

Étape 1 : Hiérarchisation des itinéraires

2 angles d'analyse possibles

Approche « gestionnaire »

- Priorité donnée aux infrastructures les plus exposées et vulnérables
- Finalité : Réduction des conséquences



Figure 18 : Cartographie des itinéraires prioritaires (démarche SISMET - Approche gestionnaire / analyse de risque)

Approche « Sécurité civile / gestion de crise »

- Priorité donnée aux infrastructures à priori les plus robustes et desservant les enjeux les plus forts
- Finalité : Fiabiliser l'accès des secours à moindre coût



Figure 19 : Cartographie des itinéraires prioritaires (démarche SISMET - Approche sécurité civile / gestion de crise)



LA DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE DÉVELOPPÉE ET SON APPLICATION À LA RÉGION DE NICE

Étape 1 : Hiérarchisation des itinéraires

L'approche « sécurité civile / gestion de crise » plébiscitée par les différents partenaires...

- Matrices de risque et de priorité

	V 1	V 2	V 3	V 4	V 5
A 1	R 1	R 1	R 1	R 2	R 2
A 2	R 1	R 1	R 2	R 3	R 3
A 3	R 1	R 2	R 3	R 4	R 4
A 4	R 2	R 3	R 4	R 5	R 5
A 5	R 3	R 4	R 5	R 5	R 5



	I 1	I 2	I 3	I 4	I 5
R 1	P 3	P 3	P 2	P 1	P 1
R 2	P 3	P 3	P 2	P 1	P 1
R 3	P 3	P 3	P 2	P 1	P 1
R 4	P 3	P 3	P 2	P 2	P 1
R 5	P 3	P 3	P 3	P 2	P 1

Itinéraires prioritaires

= combinaison **Enjeu x Fiabilité** (exposition et vulnérabilité réduites)
 = combinaison **Enjeu / (Aléa x Vulnérabilité)**

LA DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE DÉVELOPPÉE ET SON APPLICATION À LA RÉGION DE NICE

Étape 1 : Hiérarchisation des itinéraires

L'approche « sécurité civile / gestion de crise » plébiscitée par les différents partenaires...

- Approche validée sur le territoire 06 par confrontation avec l'analyse menée séparément par les services de sécurité civile (SDIS)

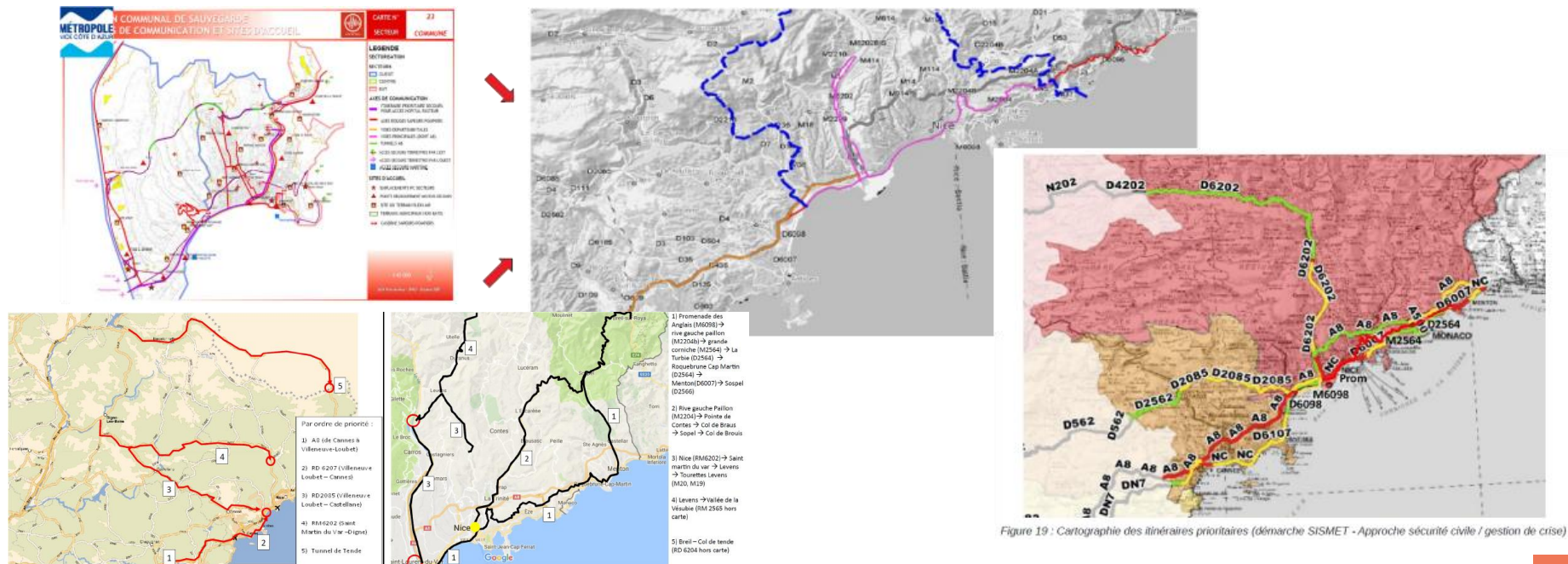
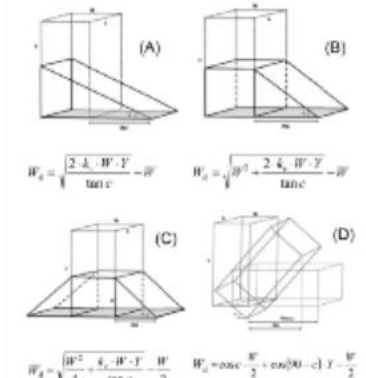
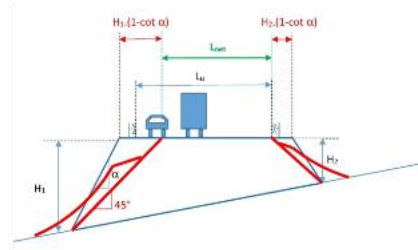
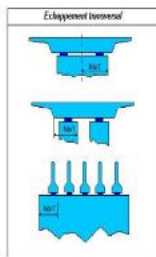
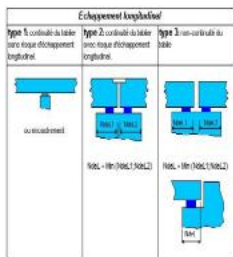


Figure 19 : Cartographie des itinéraires prioritaires (démarche SISMET - Approche sécurité civile / gestion de crise)

LA DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE DÉVELOPPÉE ET SON APPLICATION À LA RÉGION DE NICE

Étape 2 : Évaluation préliminaire du risque sismique sur les ouvrages et éléments constitutifs des itinéraires de secours prioritaires

- Approches semi-quantitatives
- Évaluations préliminaires de vulnérabilité
- Outils dédiés : **Sismoa**, **Sismur**, **Sisroute / Sismet** pour l'analyse des :
 - Ponts, murs, tunnels, remblais et talus routiers...
 - Portions de routes exposées aux risques liquéfaction et gravitaires induits
 - Bâtiments disposés en bord de chaussée présentant un risque d'effondrement



LA DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE DÉVELOPPÉE ET SON APPLICATION À LA RÉGION DE NICE

Étape 2 : Évaluation préliminaire du risque sismique sur les ouvrages et éléments constitutifs des itinéraires de secours prioritaires

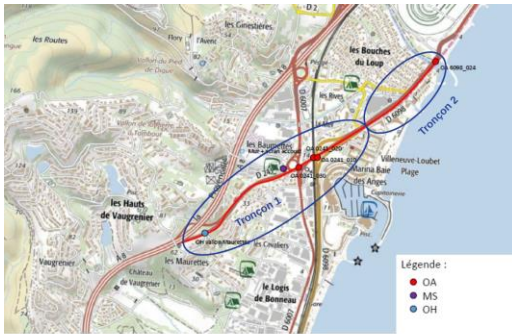


Figure 87 : Partie de l'itinéraire de secours exploitée par le Conseil départemental 06 (secteur Ouest)

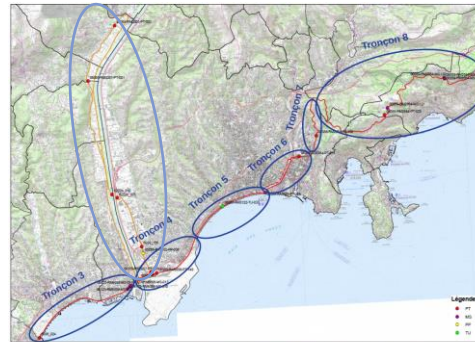


Figure 46 : Partie de l'itinéraire de secours exploitée par la Métropole Nice-Côte d'Azur

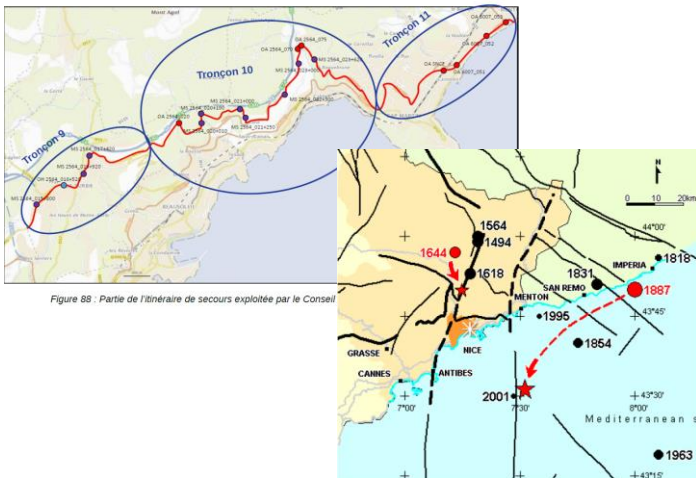


Figure 88 : Partie de l'itinéraire de secours exploitée par le Conseil

Différents scénarios :

- Réglementaires à périodes de retour 475 ans, 800 ou 1250 ans
- Contexte météo favorable ou défavorable
- Déterministe (événements réels ou simulés)



LA DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE DÉVELOPPÉE ET SON APPLICATION À LA RÉGION DE NICE

Étape 2 : Évaluation préliminaire du risque sismique sur les ouvrages et éléments constitutifs des itinéraires de secours prioritaires

Tronçon 4



Scénario réglementaire 475 ans
Contexte météorologique défavorable

Légende :

- Risque de coupure prolongée de l'itinéraire et des dessertes locales stratégiques (au-delà des mesures de rétablissement d'urgence possibles) :

- Fort
- Moyen
- Faible

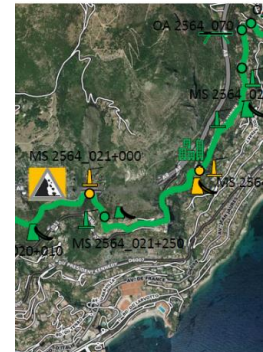
- Natures d'ouvrages et effets induits :

- | | |
|---------|---------------------------|
| Pont | Liquéfaction des sols |
| Mur | Glissement de terrain |
| Tunnel | Chutes de blocs |
| Remblai | Effondrement de bâtiments |
| Déblai | |

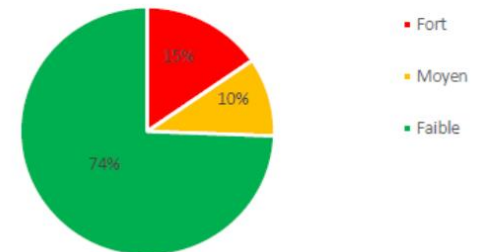
Tronçon 6



Tronçon 10



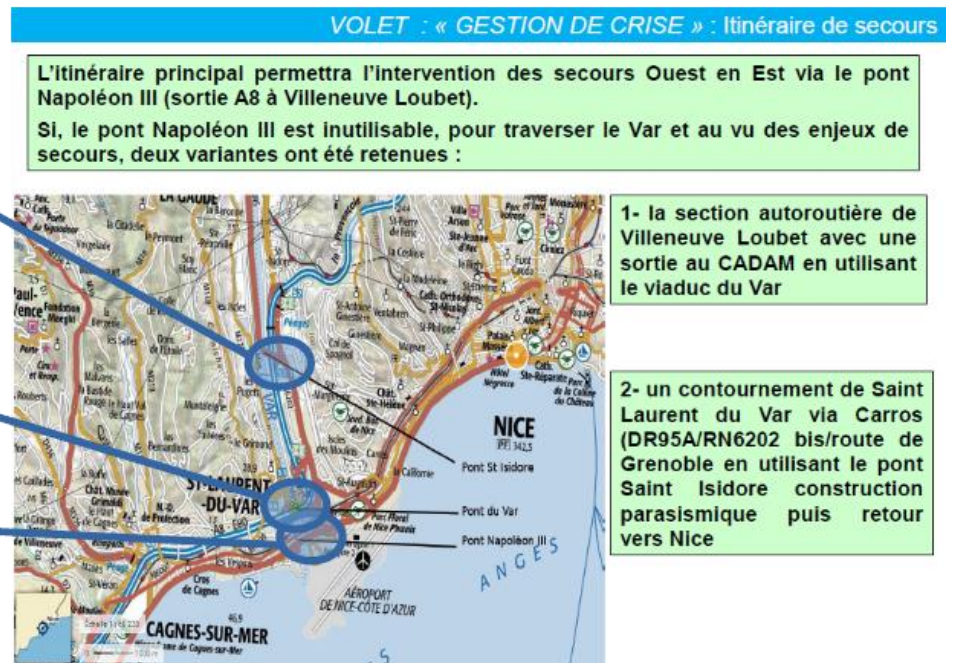
Risque résiduel pressenti après séisme



LA DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE DÉVELOPPÉE ET SON APPLICATION À LA RÉGION DE NICE

Étape 3 : Diagnostics détaillés et études de renforcement sismiques

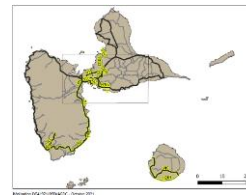
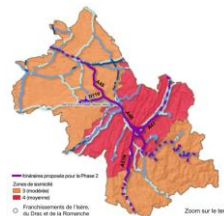
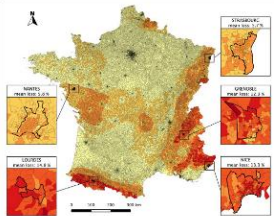
- Du pont Napoléon III (MNCA), y compris mesures vibratoires sous bruit de fond
- Du viaduc du Var (Escota)



ÉLÉMENTS DE CONCLUSION

- **SISMET** : Une démarche développée par le Cerema pour l'évaluation préliminaire du risque sismique sur les infrastructures routières urbaines et inter-urbaines dans un contexte de gestion de crise
- Basée sur plusieurs phases successives correspondant à :
 - Un resserrement progressif du périmètre d'étude
 - Un raffinement croissant du niveau d'analyse
- Expérimentée sur Nice et déployée depuis dans d'autres régions sismiques françaises :
 - 2 axes Tarbes-Lourdes,
 - Desserte et traversée ville de Grenoble

A venir : Nantes Métropole, suite Isère et Guadeloupe...



ÉLÉMENTS DE CONCLUSION

- Les apports pour MNCA
 - Validation d'un itinéraire de secours en cas de crise sismique majeure
 - Un audit sur la sensibilité des ouvrages identifiés sur l'itinéraire
- La réponse au besoin
 - Proposition d'un plan d'action à moyen terme sur les ouvrages concernés
- Atouts et pertinence de la démarche :
 - Outil d'aide à la décision et d'échange entre les différents acteurs du territoires impliqués dans la gestion de crise
 - Sélectivité permettant de concentrer les moyens sur des enjeux ciblés, en vue d'améliorer la résilience des infrastructures les plus essentielles en cas d'évènement sismique

LES SUITES À DONNER

- Poursuivre les diagnostics sur les ouvrages identifiés :
 - Investigations géotechniques destinées à mieux caractériser le risque de liquéfaction sols.
 - Evaluation structurale (recalcul sismique)
- Priorisation des travaux de sécurisation vis-à-vis de l'aléa chute de blocs sur l'itinéraire de secours.



- A moyen terme: réalisation des travaux de renforcement des ouvrages identifiés

LES SUITES À DONNER

- Etude sur le renforcement parasismique du Pont Napoléon III:
 - Objectif de chiffrer la solution technique
 - Arbitrer sur la nécessité de renforcement en fonction des alternatives envisagées



Merci de votre attention

Denis Davi, pôle « Réduction des risques sismiques et hydrauliques appliquée aux Ouvrages d'Art », Cerema Méditerranée

denis.davi@cerema.fr

Éric Descamps, responsable du service OA, Direction des Infrastructures de la Métropole Nice Côte d'Azur

eric.descamps@nicedazur.org