

**Accorgimenti tecnici per la costruzione e la manutenzione dei
bacini di piccole medie-dimensioni in aree montane e collinari
Mesures techniques pour la construction/entretien de réservoirs
de petite/moyenne taille dans les régions montagneuses et
vallonnées**

PROGETTO BECCA

06.12.2024 – Torino



**Monica Barbero, Fabrizio Barpi, Valerio De Biagi, Danilo Iuliano,
Daniele Martinelli, Daniele Peila, Laurent Peyras, Guillaume Stolz,
Carmine Todaro, Gianmarco Vallero**

Prodotto del progetto

Linee Guida in francese e italiano per la progettazione, la costruzione e la gestione di bacini di piccole e medie dimensioni in aree transfrontaliere

Guide en français et italien pour concevoir, réaliser et exploiter de petites et moyens retenues en zones transfrontalières

**Politecnico di
Torino**

Monica Barbero, Fabrizio Barpi, Valerio De Biagi, Daniele Ganora, Alberto Godio,
Danilo Iuliano, Daniele Martinelli, Daniele Peila, Davide Poggi, Carmine Todaro,
Gianmarco Vallero

INRAE

Laurent Peyras, Guillaume Stolz

**Regione
Piemonte**

Giulia Bodrato, Daniele Debernardi, Franco De Giglio, Roberto Del Vesco,
Salvatore La Monica, Davide Patrocco, Nicola Recchia

**Regione Valle
d'Aosta**

Luca Pitet, Franco Collè, Paolo Ropele

Indice della guida

Capitolo 1	Analisi del contesto territoriale
Capitolo 2	Analisi dei pericoli che interessano i bacini idrici nelle zone collinari e montane di Francia e Italia
Capitolo 3	Progettazione e realizzazione di nuovi sbarramenti di piccole e medie dimensioni in terra con geomembrane
Capitolo 4	Progettazione e realizzazione di nuovi sbarramenti di piccole e medie dimensioni in calcestruzzo
Capitolo 5	Operazioni manutentive sui bacini di piccole e medie dimensioni
Capitolo 6	Recupero e miglioramento di sbarramenti esistenti di piccole e medie dimensioni

Index de la guide

<i>Chapitre 1</i>	<i>Analyse du contexte territorial</i>
<i>Chapitre 2</i>	<i>Analyse des dangers qui pèsent sur les bassins versants des zones vallonnées et montagneuses de France et d'Italie</i>
<i>Chapitre 3</i>	<i>Conception et construction de nouveaux barrages en terre de petite et moyenne taille avec géomembranes</i>
<i>Chapitre 4</i>	<i>Conception et construction de nouvelles barrières en béton de petite et moyenne taille</i>
<i>Chapitre 5</i>	<i>Opérations de maintenance sur bassins de petite et moyenne taille</i>
<i>Chapitre 6</i>	<i>Récupération et amélioration des petits et moyens barrages existants</i>

Contributo del gruppo di ricerca

Nell'ambito della linea guida, il gruppo di ricerca si focalizzerà sullo studio degli aspetti geologici, geotecnici, strutturali e sismici dei bacini transfrontalieri

- **Obiettivo:** fornire ai professionisti e ai tecnici delle procedure semplici, intuitive e aggiornate per la progettazione, la realizzazione e la gestione dei nuovi invasi e il recupero di quelli esistenti
- **Oggetto dell'attività** sono i bacini delimitati da dighe in terra (sia compattata che rinforzata) e in calcestruzzo

Particolare attenzione all'effetto dei rischi naturali tipici dell'ambiente montano e collinare: colate detritiche, crolli, valanghe, ecc.



Contribution de l'équipe de recherche

Dans le cadre de guide, le groupe de recherche se concentrera sur l'étude des aspects géologiques, géotechniques, structurels et sismiques des bassins transfrontaliers.

- ***Objectif*** : fournir aux professionnels et aux ingénieurs des procédures simples, intuitives et actualisées pour la conception, la construction et la gestion de nouveaux réservoirs et la réhabilitation des réservoirs existants
- ***L'activité*** porte sur les bassins délimités par des barrages en terre (compactés et armés) et en béton.

Une attention particulière est accordée à l'effet des risques naturels typiques des environnements de montagne et de colline :

coulées de débris, effondrements, avalanches, etc.



Scelta del tipo di diga e del volume di invaso

La scelta dell'area in cui ubicare la diga, la tipologia di opera e la determinazione del volume di invaso devono basarsi su studi:

- Geologici
- Idrologici
- Idraulici
- Geotecnici
- Strutturali (per le opere in calcestruzzo)

Choix du type de barrage et du volume du réservoir

Le choix de la zone d'implantation du barrage, le type d'ouvrage et la détermination du volume de la retenue doivent être basés sur des études :

- *Géologique*
- *Hydrologique*
- *Hydrauliques*
- *Géotechniques*
- *Structurelles (pour les ouvrages de béton)*

Il dettaglio di tali studi dipende dalla fase progettuale :

- ✓ Iniziale, per accertare la fattibilità dell'opera (disponibilità idrica, tenuta idraulica del bacino, stabilità delle imposte e dei versanti, pericolosità sismica...)
- ✓ Dimensionamento, per definire la geometria e le caratteristiche strutturali della diga, nonché ogni intervento necessario alla mitigazione dei rischi indotti da possibili dissesti o azioni sismiche
- ✓ Costruzione, con riferimento al metodo osservazionale

Le détail de ces études dépend de la phase du projet :

- ✓ Initiale, pour s'assurer de la faisabilité de l'ouvrage (disponibilité en eau, étanchéité hydraulique du bassin, stabilité des levées et des pentes, risque sismique...)*
- ✓ Dimensionnement, pour définir la géométrie et les caractéristiques structurelles du barrage, ainsi que toute intervention nécessaire pour atténuer les risques induits par une éventuelle instabilité ou action sismique*
- ✓ Construction, en référence à la méthode d'observation*

Studi geologici

Inquadramento geografico

Analisi del contesto geografico dell'area in cui costruire lo sbarramento:

- Morfologia dell'area
- Caratteristiche del bacino idrografico coinvolto
- Ubicazione di strutture e infrastrutture esistenti (strade, centri abitati, etc..) con le quali il sistema di sbarramento possa interferire
- Presenza di infrastrutture di comunicazione che consentano la movimentazione dei materiali necessari alla costruzione dello sbarramento e l'installazione del cantiere

Études géologiques

Cadre géographique

Analyse du contexte géographique de la zone dans laquelle le barrage doit être construit :

- *Morphologie de la zone*
- *Caractéristiques du bassin versant concerné*
- *Localisation des structures et infrastructures existantes (routes, centres habités, etc.) avec lesquelles le système de barrage peut interférer*
- *Présence d'infrastructures de communication permettant le mouvement des matériaux nécessaires à la construction du barrage et à l'installation du chantier*

Inquadramento geologico

Studio della geologia dell'area scelta per la costruzione dello sbarramento:

- Raccolta di informazioni e dati esistenti inerenti la litologia: carte geologiche a differenti scale, studi della geologia dell'area presenti in letteratura, indagini nel sottosuolo, sopralluoghi
→ unità litologiche; stratigrafia; contatti tettonici; faglie; pieghe, etc.
- Inquadramento sismotettonico: analisi dei database sulle sorgenti sismogenetiche dell'area di interesse → faglie attive e loro distanza dall'area di ubicazione del sistema di sbarramento; sorgenti sismogenetiche, etc.

Cadre géologique

Étude de la géologie de la zone choisie pour la construction du barrage:

- Collecte des informations et des données existantes concernant la lithologie: cartes géologiques à différentes échelles, études de la géologie de la zone trouvées en littérature, investigations souterraines, enquêtes sur les unités lithologiques*
 - unités lithologiques ; stratigraphie ; contacts tectoniques ; failles ; plis, etc.*
- Cadre sismotectonique: analyse des bases de données sur les sources sismogènes dans la zone d'intérêt → les failles actives et leur distance par rapport à l'emplacement du système de barrage ; les sources sismogènes, etc.*

- Inquadramento geomorfologico: analisi di dati esistenti, carte delle pendenze, carte dei dissesti, banche dati sui dissesti, rilevamenti satellitari e sul terreno, sopralluoghi → processi di glacialismo e modellamento fluviale che condizionano la morfologia del fondovalle, dei rilievi e delle aste fluviali; tipologie di fenomeni di dissesto sui versanti interessati dal sistema di sbarramento (DGPV, frane superficiali, crolli...), etc.

*C.3. (DM 2014)Lo studio deve consentire la formulazione di un **modello geologico** da prendere a riferimento per la progettazione delle opere e degli interventi.Esso costituisce per il progettista un riferimento per identificare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche....*

- *Cadre géomorphologique : analyse des données existantes, cartes des pentes, cartes des glissements de terrain, bases de données des glissements de terrain, enquêtes par satellite et sur le terrain, inspections → Processus de glaciation et de modelage des rivières qui conditionnent la morphologie du fond de la vallée, les reliefs et le cours des rivières ; types de phénomènes de glissement de terrain sur les pentes affectées par le système de barrage (DGPV, glissements superficiels, effondrements, etc.), etc.*

*C.3. (DM 2014) L'étude doit permettre la formulation d'un **modèle géologique** à prendre comme référence pour la conception des ouvrages et des interventions. Ce modèle constitue une référence pour le concepteur afin d'identifier les problèmes géotechniques et de définir le programme d'investigations géotechniques....*

Studi geotecnici

Inquadramento geotecnico e geomeccanico

Il modello geologico rappresenta la base per costruire il **modello geotecnico**. Lo studio geotecnico deve consentire di:

- Progettare correttamente la diga e ogni opera accessoria, in base all'interazione delle strutture con il suolo di fondazione ed imposta e alla condizione di stabilità dei versanti coinvolti: il suolo deve sostenere adeguatamente le sollecitazioni indotte dal sistema di sbarramento e il sistema di sbarramento deve resistere adeguatamente alle sollecitazioni indotte da eventi di instabilità del suolo (ostruzione o danneggiamento degli scarichi, formazione di onde, innalzamento del livello di invaso) o da variazioni delle sue proprietà meccaniche (liquefazione, per esempio)

Études géotechniques

Cadre géotechnique et géomécanique

*Le modèle géologique est la base de la construction du **modèle géotechnique**. L'étude géotechnique doit permettre de :*

- Concevoir correctement le barrage et tous les ouvrages annexes, en se basant sur l'interaction des structures avec la fondation et le sol imposé et sur les conditions de stabilité des pentes concernées : le sol doit supporter de manière adéquate les contraintes induites par le système de barrage et le système de barrage doit résister de manière adéquate aux contraintes induites par des événements d'instabilité du sol (obstruction ou endommagement des drains, formation de vagues, élévation du niveau du réservoir) ou par des modifications de ses propriétés mécaniques (liquéfaction, par exemple)*

- Dimensionare correttamente il manufatto, nel caso in cui la diga sia costituita da materiale sciolto (terra compattata, terra rinforzata, rockfill)
- Dimensionare eventuali setti impermeabili si rendano necessari in base alle caratteristiche idrauliche del suolo di fondazione
- Progettare eventuali interventi di miglioramento delle proprietà meccaniche e idrauliche del suolo
- Progettare eventuali interventi di stabilizzazione e/o difesa dei versanti interessati dalla diga e dal bacino

- *Dimensionner correctement la construction de l'œuvre, si le barrage est constitué de matériaux meubles (terre compactée, terre armée, enrochement).*
- *Dimensionner les déflecteurs imperméables éventuellement nécessaires en fonction des caractéristiques hydrauliques du sol de fondation.*
- *Concevoir interventions possibles pour améliorer les propriétés mécaniques et hydrauliques du sol*
- *Concevoir éventuelles interventions de stabilisation et/ou de protection des versants concernés par le barrage et le bassin*

Lo studio geotecnico deve comprendere:

- Indagini in sito nel suolo di fondazione e bacino e nei versanti interessati dall'opera, per:
raccolta di materiale da sottoporre a prove di laboratorio; descrizione stratigrafica;
individuazione della struttura e della qualità dell'ammasso roccioso; caratterizzazione idraulica
- Prove in laboratorio e in sito per la determinazione delle caratteristiche meccaniche e idrauliche del suolo: granulometria, caratteristiche geostruturali, caratteristiche fisico-chimiche, resistenza, deformabilità, permeabilità, grado di omogeneità, anisotropia...

L'étude géotechnique doit comprendre:

- *Essais sur site dans les sols de fondation et de bassin et sur les pentes concernées par les travaux, pour : la collecte de matériel pour les essais de laboratoire ; la description stratigraphique ; l'identification de la structure et de la qualité de la masse rocheuse ; la caractérisation hydraulique*
- *Essais en laboratoire et sur le terrain pour déterminer les caractéristiques mécaniques et hydrauliques du sol : granulométrie, caractéristiques géostructurales, caractéristiques physico-chimiques, résistance, déformabilité, perméabilité, degré d'homogénéité, anisotropie, etc.*

- Nel caso di sbarramenti in terra o roccia, caratterizzazione meccanica e idraulica del materiale da costruzione
- Analisi di stabilità dei versanti interessati dall'opera, con metodi adeguati alle tipologie di instabilità attese (scivolamenti superficiali e profondi, crolli, etc.). Le analisi dovranno riguardare sia la fase di potenziale innesco dell'instabilità (in parete), sia la fase di moto successivo al distacco (lungo il versante). Esse dovranno inoltre considerare differenti scenari idraulici, in relazione alle condizioni dell'invaso durante la vita utile dello sbarramento ovvero alle escursioni del livello di invaso

- *Dans le cas de barrages en terre ou en roche, caractérisation mécanique et hydraulique du matériau de construction*
- *Analyses de stabilité des pentes affectées par les travaux, en utilisant des méthodes appropriées aux types d'instabilité attendus (glissements superficiels et profonds, effondrements, etc.). Les analyses devront couvrir à la fois la phase de déclenchement potentiel de l'instabilité (en paroi) et la phase de mouvement suivant le détachement (le long de la pente). Elles devront également considérer différents scénarios hydrauliques, en relation avec les conditions du réservoir pendant la durée de vie du barrage ou avec les changements du niveau du réservoir*

- Analisi di stabilità del manufatto (cedimenti, capacità portante, ribaltamento, scorrimento) con riferimento a determinati scenari di sollecitazioni. Tali scenari devono anche tenere conto delle possibili condizioni ambientali attuali o che si potrebbero verificare durante la vita utile dell'opera (invaso e svaso rapidi, cambiamenti climatici, per esempio)
- In caso di dighe in terra, terra rinforzata o rockfill, analisi di stabilità anche interna (collasso del manufatto per rottura interna)

- *Analyse de la stabilité de la structure (affaissement, capacité portante, renversement, glissement) en référence à certains scénarios de contrainte. Ces scénarios doivent également tenir compte des conditions environnementales possibles qui existent aujourd'hui ou qui pourraient se produire pendant la durée de vie de l'ouvrage (inondations et vidanges rapides, changement climatique, par exemple)*
- *Dans le cas des barrages en remblai, en terre armée ou en enrochement, l'analyse de la stabilité interne également (effondrement de la structure en raison d'une défaillance interne)*

In base ai risultati dello studio geotecnico, è possibile prevedere e progettare interventi di miglioramento, stabilizzazione e difesa dell'area di interesse, come:

- Interventi superficiali e profondi di miglioramento delle caratteristiche meccaniche e idrauliche del suolo di fondazione e bacino (compattazione, stabilizzazione, grouting, jet grouting, etc.)
- Interventi in parete per la stabilizzazione di versanti potenzialmente instabili (ancoraggi, chiodature, etc.)
- Interventi di difesa per la mitigazione del rischio di invasione del bacino idrico da parte di volumi instabili
- Costruzione di elementi di tenuta idraulica

Sur la base des résultats de l'étude géotechnique, il est possible de prévoir et de concevoir les interventions d'amélioration, de stabilisation et de défense dans la zone d'intérêt, telles que:

- Interventions en surface et en profondeur pour améliorer les caractéristiques mécaniques et hydrauliques des fondations et du sol du bassin (compactage, stabilisation, injection, jet grouting, etc.)*
- Interventions sur les parois pour la stabilisation des pentes potentiellement instables (ancrage, clouage, etc.)*
- Travaux de défense pour atténuer le risque d'invasion du réservoir par des volumes instables*
- Construction d'éléments d'étanchéité hydraulique*

Le fasi di studio geologico e geotecnico si estendono anche alle opere esistenti, qualora siano da verificare in termini di stabilità ed efficienza

In tali casi sono fondamentali:

- La collezione dei dati esistenti e di tutte le informazioni riguardanti il progetto dell'opera. Qualora non siano sufficienti ad una adeguata analisi dell'opera, occorre prevedere delle **indagini integrative**
- Il rilevamento di eventuali segni di danneggiamenti avvenuti durante la vita dell'opera, al fine di tarare i modelli geotecnici interpretativi delle condizioni di stabilità dell'opera. Qualora questa non sia soddisfacente, occorre prevedere e progettare delle opere di **manutenzione, ripristino o miglioramento** dell'esistente.

Les phases d'étude géologique et géotechnique s'étendent également aux ouvrages existants, si on veut vérifier la stabilité et l'efficacité

Dans ce cas, les éléments suivants sont fondamentaux :

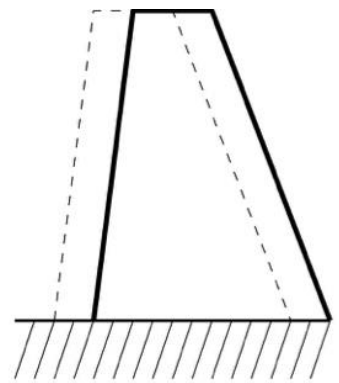
- *La collecte des données existantes et de toutes les informations relatives à la conception de l'ouvrage. Si elles ne sont pas suffisantes pour une analyse adéquate de l'ouvrage, des **investigations supplémentaires** doivent être prévues.*
- *La détection de tout signe d'endommagement survenu au cours de la vie de l'ouvrage, afin de calibrer les modèles géotechniques interprétant les conditions de stabilité de l'ouvrage. Si cela n'est pas satisfaisant, il est nécessaire d'envisager et de concevoir des travaux **de maintenance, de restauration ou d'amélioration** de la structure existante*

Studi strutturali

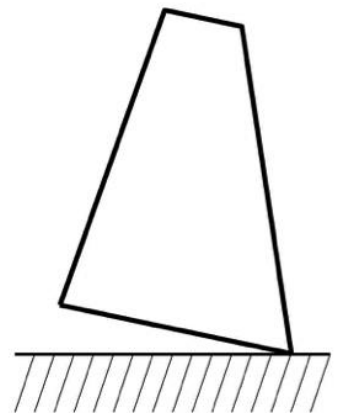
Piccoli sbarramenti in calcestruzzo armato



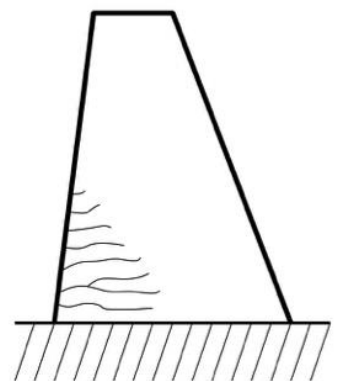
Le verifiche strutturali globali da sviluppare sono:



Scorrimento (nei casi in cui è assente la fondazione)



Ribaltamento (in presenza di paramenti di elevato sviluppo lineare, es. vasche di carico)



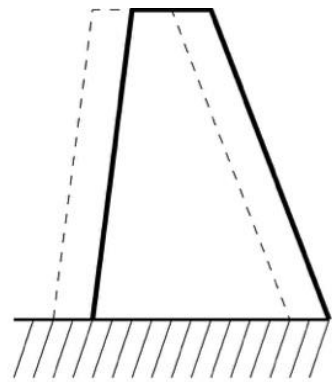
Stato tensionale (utile per le traverse fluviali per le quali la larghezza di influenza del bacino sovrastante è notevole)

Études structurelles

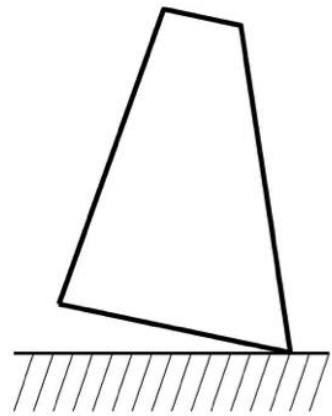
Petits barrages en béton armé



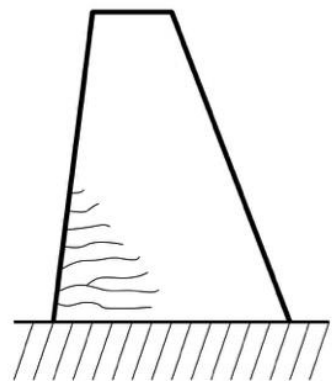
Les contrôles structurels globaux à développer sont:



Translation (en cas d'absence de structures de fondation)



Renversement (en cas de murs longs, par ex. installations hydroélectriques)



Etat de tension (utile dans les barrages fluviaux dans lesquels la largeur d'influence de la pression hydrostatique est forte)



**Politecnico
di Torino**
Dipartimento
di Ingegneria Strutturale,
Edile e Geotecnica



**Politecnico
di Torino**
Department of Environment,
Land and Infrastructure
Engineering

Tutte le fasi dello studio geotecnico e strutturale devono essere eseguite considerando sia condizioni statiche che sismiche

Approccio normativo in Francia e Italia

Francia: dal 01/05/2011 è in vigore una nuova mappatura sismica che sostituisce la precedente, risalente al 1991, che fornisce una migliore valutazione del rischio sismico sul territorio nazionale

Italia: dopo i terremoti del 2002, si assiste a una nuova serie di input normativi (l'attuale decreto ministeriale) con la creazione di 4 categorie di opere nel quadro dell'analisi sismica

Toutes les phases de l'étude géotechnique et structurelle doivent être réalisées en tenant compte des conditions statiques et sismiques

Approche réglementaire en France en Italie

France: depuis le 01/05/2011, un nouveau zonage sismique est en vigueur. Il remplace le précédent zonage réglementaire du 1991, en fournissant une meilleure appréciation de l'aléa sismique sur le territoire national

Italie: après les tremblements de terre de 2002, on assiste à une nouvelle série de prescriptions réglementaires (l'actuel arrêté ministériel) avec la création de 4 catégories d'ouvrages dans le cadre d'analyses sismiques

Rischio sismico

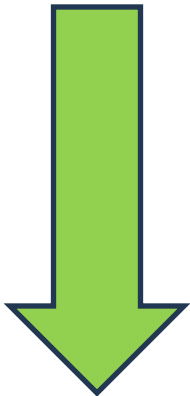
Aléa sismique



La PGA di comuni a ridosso della frontiera è, in alcuni casi, notevolmente differente.

Le PGA des municipalités proches de la frontière est, dans certains cas, sensiblement différent.

	Seismic hazard level - Z	PGA [g]	T _B [s]	T _C [s]	T _D [s]
Claviere (IT)		0,19	0,10	0,29	2,35
MONTGENÈVRE (FR)	Medium - 4	0,28	0,03	0,20	2,50
Limone Piemonte (IT)		0,26	0,11	0,32	2,62
TENDE (FR)	Medium - 4	0,28	0,03	0,20	2,50
Argentera (IT)		0,22	0,10	0,31	2,48
LARCHE (FR)	Medium - 4	0,28	0,03	0,20	2,50
La Thuile (IT)		0,19	0,10	0,30	2,37
SÉEZ (FR)	Moderate - 3	0,19	0,03	0,20	2,50
Bardonecchia (IT)		0,19	0,10	0,29	2,35
MODANE (FR)	Moderate - 3	0,19	0,03	0,20	2,50



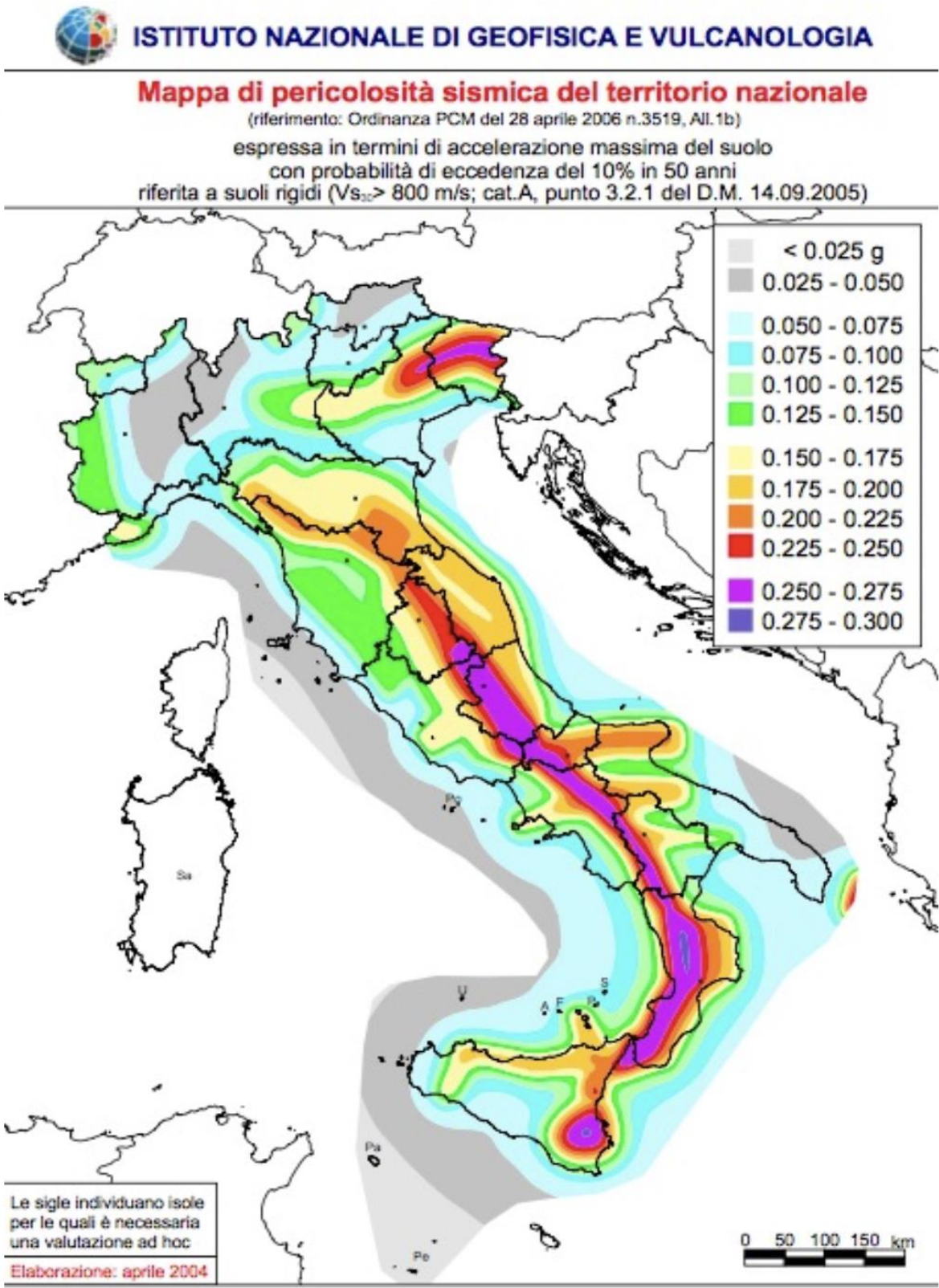
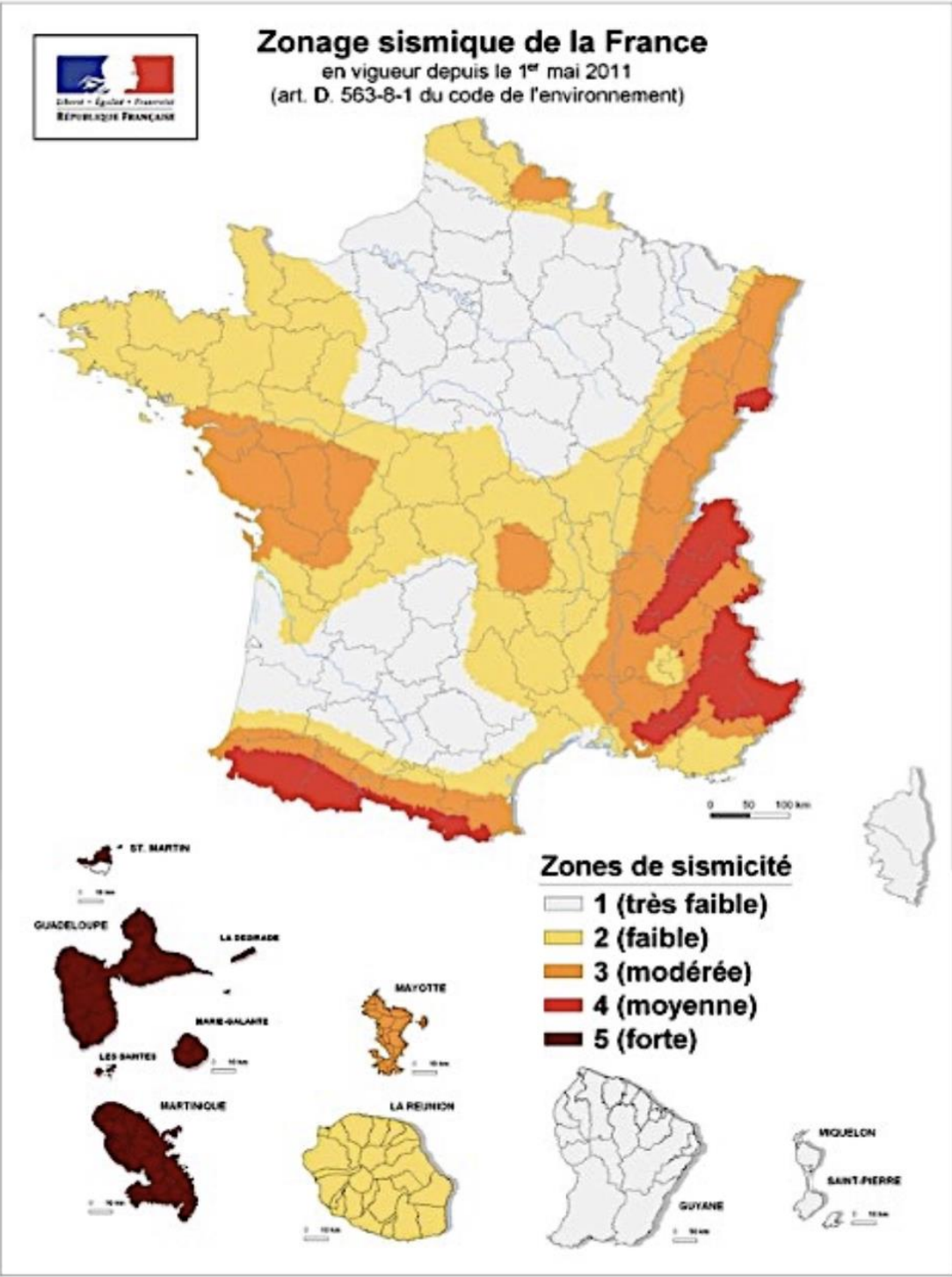
Possibilità di impiego dei dati
del progetto SHARE
<http://www.share-eu.org>
Possibilité d'utilisation des
données du projet SHARE

Zonizzazione sismica italiana e francese

Zonation sismique italienne et française



FRANCE – art. D563-8-1 (Légifrance)		
Seismic zone	Hazard level	a _{gr} (g)
Zone 1	Very low	0,04
Zone 2	Low	0,07
Zone 3	Moderate	0,11
Zone 4	Medium	0,16
Zone 5 (island)	High	0,30



ITALY - OPCM 3519/06 (INGV)	
Seismic zone	a _g (g)
4	a _g ≤ 0,05
3	0,05 < a _g ≤ 0,15
2	0,15 < a _g ≤ 0,25
1	a _g > 0,25

Grazie per l'attenzione

Merci de votre attention