

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tesisenred.net](http://www.tesisenred.net)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author

## *Tesis doctoral*

# Acupuntura urbana en la prevención y gestión de los riesgos geológicos en la ciudad de Argel

---

*“La reorganización urbana de la ciudad de Argel, y la aplicación de las reglas de prevención y gestión de los riesgos geológicos”.*

**Director de tesis:**

*Dr. Fernando Juan Ramos Galino*

**Doctorante:**

*Sr. Malik Tigziri*

# Sumario

---

# Introducción

---

## Capítulo 1

---

### *La ciudad de Argel, entre riesgos geológicos y un crecimiento urbano*

<b>1- Presentación de la ciudad de Argel y del barrio de estudio “Bab El Oued”</b> .....	p5
1.1- Historia y evolución urbana de la ciudad de Argel .....	p5
1.2- Historia y evolución urbana del barrio de Bab El Oued .....	p10
1.3- La composición geológica y la topografía de la ciudad de Argel .....	p15
1.4- La tipología de las construcciones en la ciudad de Argel .....	p19
1.4.1- La tipología de Argel “descripción”.....	p19
1.5- La densificación urbana y el crecimiento de la población como factores de vulnerabilidad en la ciudad de Argel.....	p24
1.6- la situación socio económica de la ciudad de Argel.....	p25
1.7- los nuevos proyectos urbanos de la ciudad de Argel.....	p27
<b>2- Estudio de la sismicidad en Argelia</b> .....	p30
2.1- Reseña de la sismicidad en la cuenca del mediterráneo.....	p30
2.2- La historia sísmica de Argelia.....	p33
2.3- Estudio de los terremotos en Argelia desde 1903 hasta 2003.....	p34
2.4- Las características de la sismicidad en Argelia.....	p39
2.5- El riesgo de un Tsunami en el Norte de Argelia.....	p45
<b>3- Análisis del riesgo sísmico en la ciudad de Argel</b> .....	p50
3.1- La historia sísmica de la ciudad de Argel.....	p50
3.1.1- Estudio del seísmo de Argel 1716.....	p52
3.1.2- Estudio del seísmo de Orléansville (Asnam) 1954.....	p53
3.1.3- Estudio del seísmo de Orléansville (Asnam) 1980.....	p54
3.1.4- Estudio del seísmo de Chenoua 1989.....	p54

3.2- Análisis de la sismicidad en la ciudad de Argel.....	p55
3.2.1- La geología de la región de Argel.....	p55
3.2.2- Las fallas sísmicas activas en la región de Argel.....	p56
3.2.3- Las inestabilidades del suelo en la región de Argel debidas a la actividad sísmica.....	p56
3.2.3.1- Corrimientos de tierra .....	p56
3.2.3.2- licuefacción .....	p57
3.3- Estudio de la actividad sísmica en la región de Tenia- Zemmouri.....	p58
3.3.1- La evolución histórica del Oued Isser.....	p60
3.4- Estrategia urbanas aplicadas a la gestión del riesgo sísmico en la ciudad de Argel.....	p61
3.5- la construcción antisísmica tradicional “el caso de la Casbah” .....	p62
3.6- El uso de nuevas tecnologías en la gestión del riesgo sísmico en la ciudad de Argel.....	p67
3.6.1- El sistema de información geográfica (GIS) .....	p67
3.6.2- La detección usando la imagería satélite.....	p69
<b>4- Estudio de las inundaciones en Argelia.....</b>	<b>p70</b>
4.1- La historia de las inundaciones en Argelia .....	p70
4.2- Casos de las inundaciones en Argelia .....	p72
4.2.1- Caso de Oued Saf Saf en Skikda .....	p72
4.2.2- Caso de Bab el Oued en Argel .....	p76
4.2.3- Caso de Ghardaia .....	p79
4.3- El riesgo de inundación en la ciudad de Argel. ....	p84
4.4- Análisis del riesgo de inundaciones en el barrio “Bab El Oued”. ....	p85
<b>5- Resumen del capítulo .....</b>	<b>p93</b>

## Capítulo 2

---

### *Los riesgos geológicos “Seísmo, Tsunami, inundaciones, corrimientos de tierras, Volcanes”.*

<b>1 – El fenómeno sísmico</b> .....	p98
1.1- Reparto de las pérdidas humanas causadas por los seísmos .....	p98
1.1.1- Tectónica de placas.....	p99
1.1.2- Geografía de los seísmos.....	p101
1.1.3- Clasificación de los seísmos .....	p102
1.1.3.1- Seísmos de origen natural.....	p102
1.1.3.1.1- El seísmo tectónico.....	p102
1.1.3.1.2- El seísmo volcánico.....	p103
1.1.3.1.3- El seísmo debido a un desmoronamiento.....	p103
1.1.3.2- El seísmo debido a un impacto de meteorito.....	p103
1.1.3.3- Seísmos debidos al hombre.....	p104
1.1.4- Teorías de previsión de los seísmos.....	p104
1.1.4.1- La previsión de los seísmos a largo plazo.....	p104
1.1.4.2- La previsión de los seísmos a mediano plazo.....	p104
1.1.4.3- La previsión de los seísmos a corto plazo.....	p104
1.2- Planteamiento científico de los seísmos.....	p106
1.2.1- Las ondas sísmicas .....	p106
1.2.2 - Las fuentes sísmicas.....	p108
1.2.3- La Magnitud del seísmo .....	p110
1.2.4 - La intensidad del seísmo .....	p111
1.2.5- Instrumentos de grabación y medida de los seísmos.....	p114
1.2.6 - La ubicación del epicentro.....	p116
1.3- Los efectos secundarios de los seísmos.....	p117
1.3.1- Efectos sobre el terreno.....	p117
1.3.2- Efectos sobre el mar.....	p121
1.4- La vulnerabilidad de una obra durante un seísmo.....	p121
1.4.1- Definición de la carga sísmica.....	p121

1.4.2- Esfuerzos sísmicos horizontales.....	p122
1.4.3- Esfuerzos sísmicos verticales.....	p124
1.4.4- Esfuerzos sísmicos de torsión.....	p124
1.4.5 -Daños causados por los esfuerzos sísmicos.....	p125
<b>2- El Tsunami .....</b>	<b>p130</b>
2.1- El origen del Tsunami .....	p130
2.2- El planteamiento científico del Tsunami .....	p133
2.2.1- El mecanismo de generación de un Tsunami generado por un seísmo.....	p133
2.2.2- Cálculo de fuerza de un tsunami.....	p133
2.2.3- El mecanismo de propagación de un tsunami .....	p135
2.2.4- El mecanismo de generación de un Tsunami generado por un corrimiento de tierra.....	p135
2.2.5- La escalas de los Tsunamis.....	p139
2.3- El Tsunami de Asia del Sur “Terremoto de tierra de Sumatra” .....	p140
<b>3- Las inundaciones .....</b>	<b>p142</b>
3.1- La urbanización y la amplificación de las inundaciones.....	p142
3.2- Estudio de la hidrología climática .....	p144
3.2.1- El ciclo hidrológico .....	p144
3.2.2- Los tipos de precipitaciones .....	p146
3.2.3- Las consecuencias de las precipitaciones.....	p147
3.2.4- Los tipos de flujos y de los espacios de acumulación del agua en el suelo.....	p150
3.3- Movimiento o flujo de escombros .....	p152
3.3.1- Estudio del movimiento de escombros “Caso de Suiza” .....	p152
3.3.2- Definición del movimiento de escombros .....	p153
3.3.2.1- El volumen del flujo de escombros M.....	p153
3.3.2.2- La velocidad en el frente V.....	p155
3.3.3- Comparación del movimiento de escombros con las avenidas .....	p157
3.3.4- Las diferencias entre el movimiento de escombros y el flujo de lodo.....	p158
3.3.4.1- El movimiento de escombros.....	p158
3.3.4.2- El Flujo de lodo.....	p159
3.3.5- Características del movimiento de escombros y el flujo de lodo.....	p159

3.3.6- Características del movimiento de escombros.....	p160
3.3.7- El mecanismo del movimiento de escombros.....	p160
3.4- Flujo de lodo.....	p162
3.4.1- El flujo de lodo o Lahar .....	p162
3.4.2- Definición del flujo de lodo.....	p163
3.4.3- Características del flujo del lodo.....	p164
3.4.4- El mecanismo del flujo de lodo.....	p165
<b>4- Corrimientos de tierras .....</b>	<b>p166</b>
4.1- Generalidad sobre los movimientos de tierra.....	p166
4.2- Corrimientos de tierra.....	p167
4.3- Mecanismos de los movimientos de tierra.....	p168
4.3.1- clasificación de los corrimientos de tierras .....	p168
4.3.2- clasificación de las caídas de rocas.....	p169
4.4- Tipologías de los terrenos inestables.....	p169
4.4.1- Fenómeno de inestabilidad con una superficie de corrimiento.....	p169
4.4.2- Inestabilidad de una pendiente en zona sísmica.....	p171
4.4.3- Inestabilidad de una pendiente provocada por el hombre.....	p171
<b>5- Otras formaciones geológicas en relación con las placas tectónicas .....</b>	<b>p172</b>
5.1- Volcanes .....	p172
5.1.1- El fenómeno volcánico.....	p172
5.1.2- Los tipos de actividad volcánica.....	p175
5.1.3- Los tipos de erupciones.....	p177
5.1.4- Los parámetros físicos de una erupción.....	p182
5.1.5- El mecanismo de iniciación de una erupción .....	p189
<b>6- Resumen del capítulo .....</b>	<b>p191</b>

## Capítulo 3

---

### *Prevención y gestión de los riesgos geológicos*

<b>1- La prevención del riesgo sísmico</b> .....	p198
1.1- La prevención del riesgo sísmico a nivel urbano.....	p198
1.1.1- Concepción urbanística en las zonas de riesgo sísmico.....	p198
1.1.2- Los Mapas de riesgos.....	p198
1.1.2.1- El mapa de Amenaza.....	p200
1.1.2.2- El mapa de Vulnerabilidad.....	p202
1.2- La prevención del riesgo sísmico a nivel del proyecto y la ejecución de la obra.....	p203
1.2.1- Concepción y construcción arquitectónica y reducción del riesgo sísmico. ....	p204
1.2.1.1- Reacción de la construcción al seísmo.....	p204
1.2.1.2- Minimización de los esfuerzos sísmicos.....	p209
1.2.1.3- La capacidad de una construcción para almacenar y disipar la energía sísmica. ....	p210
1.2.1.4- Definición y principios de la arquitectura antisísmica.....	p216
1.2.1.5- La elección del solar y su influencia.....	p217
1.2.1.6- La interacción entre los suelos y la estructura.....	p218
1.2.2- Las nuevas tecnologías en la construcción antisísmica.....	p219
1.2.2.1- Los aisladores.....	p219
1.2.2.2- Los amortiguadores.....	p229
1.2.3- Las instalaciones en la construcción antisísmica.....	p237
1.2.3.1- Elevador.....	p237
1.2.3.2- Equipamiento eléctrico.....	p238
1.2.3.3- Tubería.....	p238
1.2.3.4- Conductos de ventilación y de aire acondicionado... ..	p239
1.2.3.5- Armarios.....	p239

<b>2- La prevención del riesgo de inundaciones</b> .....	p240
2.1- Prevención de las inundaciones a nivel urbano.....	p240
2.2- La previsión gracias a una red hidrometeorológica.....	p240
2.3- Análisis y determinación de los datos para el estudio de la prevención de las inundaciones.....	p241
2.3.1- Los estudios geomorfológicos.....	p241
2.3.2- Estudio de las alturas máxima alcanzada por las crecidas durante la historia de la región .....	p242
2.3.3- Los aspectos hidrológicos.....	p243
2.3.3.1- Pluviometría.....	p243
2.3.3.2- Hidrometría.....	p243
2.1.3.3- Caudal.....	p243
2.3.3.4- Hidrógrama de las crecidas.....	p244
2.3.3.5- Estudio hidráulico.....	p245
2.3.4- la modelización de los flujos.....	p245
2.3.5- Principios de la modelización.....	p246
2.3.5.1- Base de datos.....	p246
2.3.5.2- Construcción del modelo.....	p246
2.3.5.3- Calado y simulación.....	p246
2.3.6- Análisis y estudio del riesgo de inundación.....	p247
2.3.6.1- El riesgo.....	p247
2.1.6.2- El cálculo de los daños.....	p247
2.3.7- las medidas estructurales de prevención de las inundaciones.....	p248
2.3.7.1- Medidas estructurales.....	p252
2.3.7.2. Medidas no estructurales.....	p266
2.3.8- Concepción y construcción arquitectónica por la reducción del riesgo de inundaciones.....	p269
2.3.9- Caso de estudio de la ciudad de Hanói.....	p272

<b>3- Anatomie de la gestion des risques géologiques</b> .....	p284
3.1- Les formes de gestion du risque .....	p285
3.2- le cycle de la gestion des risques .....	p285
3.3- Evaluation de l'aléa par l'interaction des données .....	p287
3.4- La préparation et l'échelle temporaire dans la gestion des risques géologiques .....	p288
3.4.1- Type d'aléas naturels .....	p288
3.4.2- Planification de la préparation .....	p289
3.5- Le GIS ( Geographical Information System) comme outil dans la gestion des risques géologiques .....	p291
3.5.1- La cartographie dans la gestion des risques .....	p291
3.5.2- La télédétection .....	p292
3.5.3- La thermographie appliquée à la télédétection .....	p293
3.5.4- Les modèles des cartes GIS .....	p294
3.6- Les mesures additionnelles dans la gestion des risques .....	p296
3.6.1- La réponse des villes limitrophes .....	p296
3.6.2- les radios amateur .....	p297
3.7- La formation et l'information dans la gestion des risques.....	p298
3.8 - Prise en charge des sinistrés et le relogement d'urgence.....	p299
3.8.1- Le relogement après le séisme de Boumerdes (Alger) .....	p299
3.8.2- Etude de projets de construction temporaire .....	p303
3.9 - les normes de l'hygiène et en alimentation en eau .....	p319
3.9.1- L'alimentation en eau .....	p319
3.9.2- Les normes d'hygiène dans les camps de sinistrés .....	p322
3.9.3- La gestion des déchets .....	p323
3.10- les normes dans le secteur des abris et établissements humains .....	p324
<b>4- Resumen del capítulo</b> .....	p325

## Chapitre 4

---

### *Acupuncture sur le tissu Urbain du quartier de Bab El Oued dans le cadre de la réduction des risques.*

<b>1- Etude de cas du quartier de Bab El Oued dans la ville d'Alger</b> .....	p330
1.1- Histoire urbaine du quartier de Bab El Oued (BEO) .....	p330
1.2- Donnée urbaine et état des lieux du tissu du quartier de Bab El Oued (BEO).....	p332
1.3- Les plans d'aménagement urbain de Bab El Oued.....	p337
1.4- Etude du risque des inondations dans le quartier de BEO.....	p338
1.4.1- Les inondations du 10 novembre 2001.....	p338
1.4.2- Les mesures entreprises par le gouvernement après la catastrophe du 10 novembre 2001.....	p339
1.5- Etude sismique du quartier de Bab El Oued.....	p345
1.5.1- Les failles sismiques de la ville d'Alger et leurs effets sur le quartier de BEO.....	p347
1.5.2- Typologie des constructions dans le quartier de BEO.....	p354
<b>2- Proposition urbaine pour la réduction des risques géologiques dans le quartier de Bab El Oued</b> .....	p363
2.1- La prévention des risques et la gestion des crises dans le quartier de BEO.....	p363
2.1.1- La bonne prévention des risques .....	p363
2.1.2- La bonne gestion des risques.....	p363
2.1.3- Les mesures de renforcement de la stratégie de prévention et gestion des risques. ....	p364
2.1.4- L'acupuncture urbaine pour la prévention des risques d'inondations dans le quartier de BEO .....	p368
2.1.5- L'acupuncture urbaine pour la prévention du risque sismique dans le quartier de BEO. ....	p384
<b>3- Résumé du chapitre</b> .....	p388

## Conclusión General

---

<b>1. Antecedentes</b> .....	p394
<b>2. Métodos de análisis</b> .....	p395
<b>3. Estudio y Aplicación en un barrio específico « Bab L' Oued »</b> .....	p395
<b>4. Criterios y propuestas para una reducción del impacto de riesgos naturales.</b> ...	p397
4.1. Criterios y propuestas generales .....	p397
4.2. Propuestas específicas para una acupuntura urbana en Argel .....	p398

## Referencias

---

Fotografías y dibujos .....	401
Gráficos y tablas .....	406
Textos .....	407

## Bibliografía

---

Libros .....	419
Revistas.....	419
Informes.....	420
Artículos.....	421
Periódicos .....	423
Cursos .....	424
Sitios web .....	424

## **Anexos**

---

### **Anexos 1**

*Aspect économique dans la gestion des risques géologiques*.....427

### **Anexos 2**

*Información complementaria al capítulo 3, tomada desde el libro de Milan Zacek* .....435

### **Anexos 3**

*Rapport de stage pour la Direction du Développement et de la Coopération Suisse en Haïti (DDC) - 2010*.....468

# Introducción

---

Los riesgos geológicos representados por los seísmos, las inundaciones, la desertificación, los volcanes, y los corrimientos de tierra, afectan todas las partes del planeta. Algunos pueden ser muy peligrosos con una magnitud e intensidad muy alta.

Por la parte sísmica podemos recordar el grande terremoto del océano Indico que afectó la zona del Asia del Sur el 26 de Diciembre 2004, y que generó un tsunami de gran tamaño, con un número de víctimas superior a 250 mil personas. Otros terremotos que han marcado la historia de los riesgos geológicos: terremoto de Chile del 22 de Mayo 1960 con una magnitud de 9.5 sobre la escala de Richter, terremoto de México del 19 de septiembre 1985 con una magnitud 8.1 sobre la escala de Richter.

Podemos considerar el seísmo como el más peligroso de los riesgos geológicos por tres razones, la primera es “la imposibilidad de prevenirlo” (lugar, hora, magnitud), la segunda es “la generación de otros fenómenos” (tsunami, corrimiento de tierra, fuego, licuefacción...) y la tercera es “la gran energía descargada”.

Con respecto a la parte volcánica, algunas erupciones han sido muy peligrosas y han provocado muchas víctimas, como por ejemplo la erupción del Vesubio, en el año 79 de nuestra era, en la ciudad de Pompeya en Italia, considerada hasta nuestros días como uno de los yacimientos arqueológicos más importantes de la historia. También, mencionaremos otras erupciones importantes de la historia del planeta como, la erupción en 1980 del Monte Saint Helens en Estados Unidos, de un nivel 5 sobre la escala VEI (Volcanic Explosivity Index), la catástrofe de Santorini en el mar Egeo en 1650 AJC con un nivel 6 sobre la escala VEI. Podemos enumerar otros ejemplos más antiguos en la historia con un nivel de explosividad de 8 sobre la escala VEI, como fue la ocurrida en el lago Taupo en Nueva Zelandia (hace 26500 años), la del lago Toba en Sumatra, Indonesia (Hace 73000 años), las erupciones de Yellowstone en Estados Unidos hace 2.2 millones años y 640 000 años. Actualmente, es posible de prevenir la erupción de un volcán conocido por los científicos, y controlado con tecnologías nuevas, pero lo que es difícil es la organización de la evacuación de la población, ya que en muchos casos no conocen los caminos a seguir ni los comportamientos requeridos.

El más importante corrimiento de tierra conocido por la comunidad científica es el corrimiento de Agulhas, en África del Sur, ocurrido en el período post plioceno, donde han deslizado una cantidad de 20 000 Km<sup>3</sup> de tierra. En nuestra época, podemos usar sistemas de vigilancia (Monitoring system MS) para prevenir un desastre debido a un corrimiento de tierra, por ejemplo en Tajakistan, en el lago de Sarez, existe un riesgo importante de un gran corrimiento de unos 100 millones de m<sup>3</sup> de tierra que podrían generar una gran ola la cual podría destrozar los pueblos y poner vidas humanas en peligro.

Otro riesgo geológico es la sequía que afecta a todos los continentes del planeta, en Africa, la sequía afecta principalmente a Kenia donde 3.5 millones de personas son afectadas, y donde la producción agricultura ha bajado en un 39%. Eritrea, Etiopia,

Somalia y Sudan también sufren de este riesgo geológico. En el continente asiático, ella afecta a China en las regiones Noroeste, Oeste, y céntrica del país, causando pérdidas económicas estimadas a 9.9 billones de Yuan (1.24 billones de USD o 0.79 billones de €).<sup>(A)</sup> Otro ejemplo del continente asiático es India que se ha visto desde hace mucho tiempo muy afectada por la sequía (regiones del Sur y del Este de Maharashtra, del Norte de Karnataka, Andhra, Pradesh, Orissa, Gujarat y Rajasthan). En el continente Europeo, España conoce la sequía más importante desde hace un siglo, según la revista de la ciencia de la tierra “Mapping Interactivo” las pérdidas ocasionadas por la sequía son de 1.5 billón de pesetas (9 millones de €)<sup>(B)</sup>, el gobierno ha desencadenado un plan de emergencia para las regiones más afectadas del Sur y del centro del país, otros países europeos sufren del mismo fenómeno, es el caso de Portugal, Italia y Francia.

El último riesgo geológico es la inundación o la crecida, que afecta a los países pobres o en desarrollo como a los países industrializados o desarrollados. El número de desastres atribuidos a las inundaciones, según un informe de las Naciones Unidas (UN) y la Estrategia Internacional para reducir los desastres (ISDR), era de 20 en 1975, de 85 en 1995 y de 150 en 2000. Por otro lado, el número de gente muerta por las inundaciones eran más de 10 000 en 1980, 15 000 en 1988 y casi 35 000 en 1999<sup>(C)</sup>. El 10 de noviembre 2001, la ciudad de Argel ha conocido una inundación de tipo “Flujo de lodo” de magnitud e intensidad altas, matando a casi 1000 personas en el centro urbano de la ciudad y causando pérdidas económicas de 400 millones de USD según el gobierno Argelino<sup>(D)</sup>.

Nuestra investigación se focalizará sobre la ciudad de Argel, en el Barrio de Bab El Oued que quiere decir “La Puerta del Río”, un barrio de carácter histórico, popular, urbano y con alta densidad. La ciudad de Argel está afectada por los seísmos en primer lugar debido a su ubicación en la zona sísmica entre la placa Eurasiana y la placa Africana, ha conocido varios terremotos de magnitud media y fuerte hasta 7.5 sobre la escala de Richter (Seísmo de 1716). Argel es también una ciudad con riesgo de inundación muy alto, en referencia al ejemplo del flujo de lodo del 10 noviembre 2001 en el barrio de Bab El Oued, causado por una urbanización importante, un sistema de drenaje defectuoso, una planificación urbana deficiente y un sistema de alerta lento.

Cinco años después del seísmo de Boumerdes (2003) y siete años después del flujo de lodo de Bab El Oued (2001), las autoridades han establecido algunas nuevas normativas de construcción en el Código Parasísmico Argelino y han apuntado algunas transformaciones urbanas al barrio de Bab El Oued. Estas modificaciones no han mejorado la situación peligrosa de la ciudad de Argel, y el riesgo de una gran catástrofe sigue vigente. Nuestro trabajo tendrá como objetivo dar soluciones puntuales parecidas a una acupuntura urbana del barrio de Bab El Oued y la ciudad de Argel, para evitar una tragedia.

# Capítulo 1

---

*La ciudad de Argel, entre riesgos naturales y un crecimiento urbano*

# 1. Presentación de la ciudad de Argel y del barrio de estudio “Bab El Oued”:

## 1.1- Historia y evolución urbana de la ciudad de Argel:

La ciudad de Argel se llamaba en el pasado Mauritanie Césarienne, se desconoce su época de fundación. Según el historiador Jean León, habrían sido los Mesgrana (Beni Mesghana) una población africana que la ha construido. Sin embargo esta teoría no es compartida por autores como Strabon, Plinio y Polibio que en sus libros hacen una descripción muy importante de las ciudades Africanas y también del mundo.

La opinión más aceptada es la del historiador Strabon, quien se refiere a Argel con un nombre diferente : *“en esta costa hay una ciudad llamada Iol. Juba, padre de Ptolémée, la ha construido, y ha cambiado su nombre por Cesarea. Este ciudad tiene un puerto desde donde se puede ver una isla”*. Por esta razón se considera que el antiguo nombre de Argel era Cesarea. Efectivamente, la descripción de Strabon no se ajusta a ninguna otra ciudad de la costa Africana de esta época.

Argel es una ciudad muy antigua, construida antes de Augusto Cesar, y probablemente se encontraba en ruinas en esta época, porque Strabon cuenta que el Rey Juba Primero la reconstruyó. Después de la caída del Imperio Romano, en el año 427 de nuestra era, los vándalos bajo el mando de los reyes Gunther y Genserico pasaron desde España a Africa destruyendo todas las ciudades de la región, una de ellas fue Iol Cesarea (Argel). Otro evento similar ocurrió en el año 697 de nuestra época, bajo el reino del emperador Leónico, cuando los árabes conquistaron África.<sup>1</sup>

Según Diego de Haedo, la invasión árabe en África y España así que la de las Islas Baleares, causaron grandes cambios en la religión y las costumbres. Dice también que los árabes cuando llegaron a estos países cambiaron todos los nombres de las ciudades, de las montañas y de los ríos. Pasó lo mismo con Iol Cesarea, cuando los árabes llegaron allí, le cambiaron su nombre y le han llamado “El Djazair” que quiere decir las islas. Para los árabes El Djazair significa la ciudad de la isla, la que podemos ver desde la costa, tal como la describió Strabon.<sup>2</sup>

Desde otras fuentes, Argel es una ciudad fundada por los fenicios con el nombre de Icosim, y fue llamada por los romanos y los cartagineses como Icosium. Los vándalos la destruyeron en el siglo V de nuestra época. La ciudad fue reconstruida por los Amazighs (Hombres Libres) en el siglo X y se convierte en el centro comercial mediterráneo. En el siglo XVI, el comercio español al conocer ataques de piratas decide de consolidar su protección en la isla peñón de la costa de Argel.

El príncipe de Argel ha llamado a dos Turcos para ayudarlo, uno de los dos, llamado Barbarroja (Kheir Al Din) expulsó a los españoles en 1529 y conquista Argel durante

tres siglos la ciudad quedó bajo la autoridad turca y pasa a ser una base mayor de los piratas. En 1830 llegan los franceses a Argel y se instalan en la ciudad hasta 1962. <sup>3</sup>

Las primeras murallas de la ciudad tenían un circuito de forma de Arco, los muros que representan la madera del arco construido sobre una colina, sube gradualmente hasta la cumbre. Las casas que siguen la misma dirección son construidas unas sobre otras, así aunque las casas de abajo sean grandes, ellas permitan a las casas de arriba de tener una vista hacia el mar. Si miramos la ciudad de Argel desde el mar podemos ver, a la derecha una primera extremidad del arco que corresponde al Noroeste, al frente tenemos la cumbre que mira hacia el Sur inclinada un poco hacia el Oeste, y a la izquierda se encuentra la segunda extremidad que está orientada hacia el Sureste. Entre las dos extremidades tenemos lo que podemos llamar “la cuerda del arco” que es una muralla de altura pequeña, en comparación a las dos otras, sobre las cuales se golpean las olas. Esta muralla es muy sólida, del lado de la tierra tiene un perímetro de 1800 pasos y sobre la costa 1600 pasos, lo que nos da un desarrollo total de 3400 pasos. La altura de la muralla fue desarrollada posteriormente en forma de anfiteatro es de 30 palmas (1 palma= 0,25 cm) y de 40 palmas la que está construida sobre la roca al lado del mar. El espesor de la muralla era de 11 a 12 palmas. A esta muralla, en 1532, Barbarroja le añadió un muro de una longitud de 300 pasos, de 10 palmas de espesor y de 15 palmas de alto, un muro más pequeño que la primera muralla. Este era un muro de fortificación para parar las grandes olas provocadas por el viento del Oeste y que dañan a las viviendas que están cerca del mar. En 1573, el Pacha árabe Ahmed siguió este trabajo. <sup>4</sup>

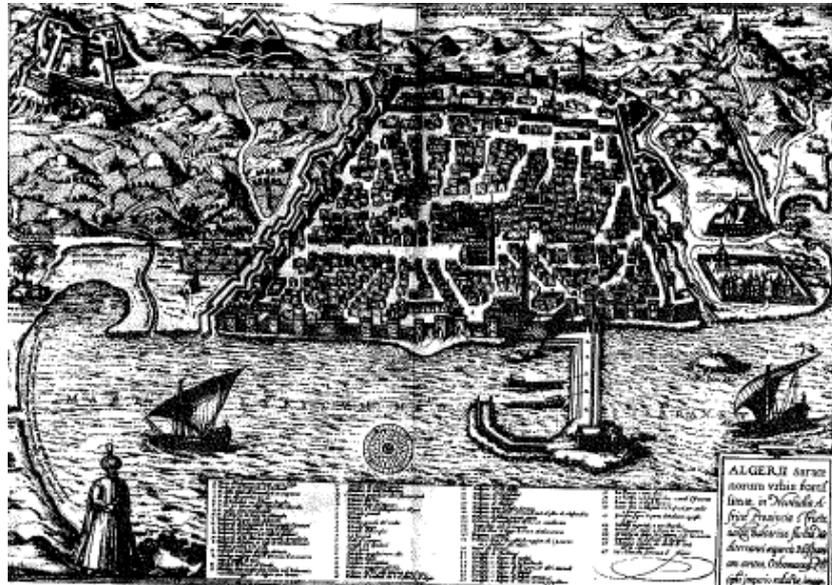
La muralla grande se componía de nueve (9) puertas que permitían a la población de entrar y salir de la ciudad. Cerca del extremo derecho del arco, es decir el lado Noroeste se encuentra la puerta llamada “Bab El Oued”. Cuando subimos la montaña del lado exterior del arco hasta la cumbre (800 pasos), encontramos la Casbah una antigua fortaleza donde se encuentra una pequeña puerta llamada la Puerta de la Casbah con una orientación Sur Oeste. A veinte (20) pasos de esta puerta, en la misma línea, encontramos otra pequeña puerta. Estas dos puertas son reservadas para los ejércitos que vivían y guardaban esta fortaleza. Cuando seguimos la pendiente hasta 400 pasos podemos encontrar una puerta llamada “Puerta Nueva” (Bab Djedid) con orientación Sur. Después de otros 400 pasos hacia la pendiente encontramos otra puerta que se llama “Bab Azoun” con orientación Sureste. Esta Puerta abre sobre una calle muy larga de 1260 pasos y corresponde a la puerta de lado contrario a la puerta de Bab El Oued. Cincuenta (50) pasos más abajo de esta puerta se termina, en el mar, el ángulo de la muralla. Por el lado del mar hay dos puertas en forma de arcos y construidas en piedras que se bañan en el mar, las dos puertas abren sobre un espacio usado para la construcción de barcos y están separadas por una vivienda hecha para los propietarios de los barcos en reparación. El primer arco está lleno de tapial que se destroza cada vez que hay que encallar una galera. El segundo está cerrado con una puerta de madera abierta en la parte superior, esta puerta sirve para dejar entrar y salir a los trabajadores de la obra. Enseguida y por último, quedan dos otras puertas, la primera llamada “la puerta de la aduana” donde pasan todos los comerciantes y pescadores y se controlan las

mercancías antes de entrar en la ciudad. La segunda y última puerta es la “El Djazira” o “Bab El Djzira” que es muy frecuentada por la población y los comerciantes. 5

Argel en 1575.

Extracto de praecipuis totius universi urbibus, liber secundus , auctoribus G. Bruin, siuone Novellano y Francisco Hogeubergio .

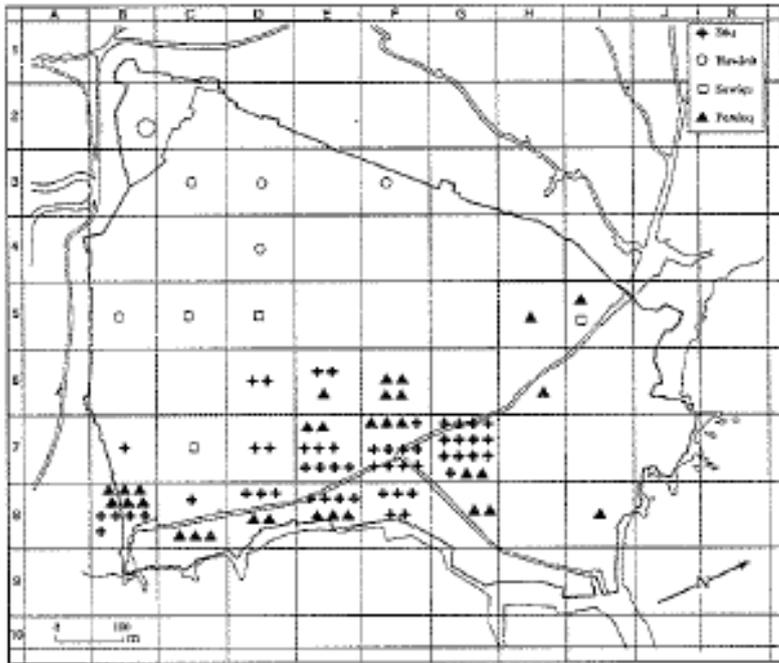
(Imagen) 6



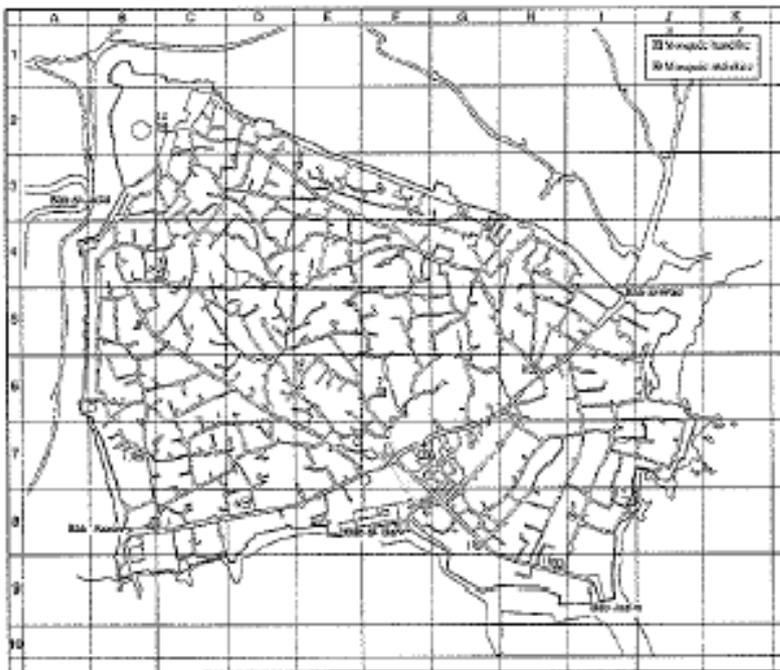
Esta muralla y puertas han condicionado el desarrollo de la ciudad de Argel, todas las construcciones y obras debían estar dentro la superficie cerrada por la muralla. Es solamente desde 1830, con la colonización francesa, que la ciudad ha conocido un nuevo desarrollo. 7

Otro punto en el desarrollo de la ciudad bereber, es la Casbah que estaba protegida con lo que se llama Burj (especies de torres) incorporados a la muralla. La Casbah era un lugar de residencia del Agha y de cárcel para lo que en francés se llama “Janissaire” (milicia otomána) así que un lugar de reunión del consejo “Diwan”. Estas funciones se han cambiado en el siglo 17. A mediados del siglo 18, la Casbah se volvió un lugar de alojamiento para los Bolukbachi y también un lugar de almacén. Es solamente después del bombardeo de Lord Exmouth que la Casbah ha tenido el estatuto de sede del Dey y del Gobierno. Hay que precisar que los siglos XVI y XVII no eran solamente épocas de construcción defensiva, sino que también fue una época donde se construyeron muchas casernas y mezquitas así que baños públicos, molinos y acueductos. 8

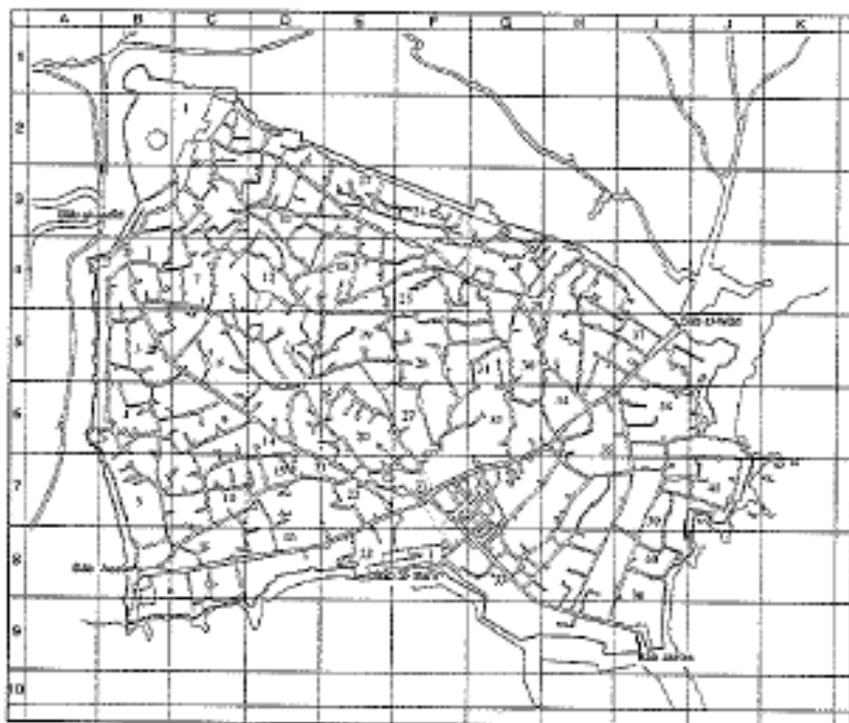
**La Ciudad de Argel ha conocido algunas destrucciones por catástrofes naturales, que a veces fueron muy grandes y causaron muchas víctimas. Unos de estas catástrofes son los terremotos de 1632, 1676, 1717 y 1755. Hubo también otros tipos de catástrofes naturales como la invasión de langostas, la sequía y el hambre. 9**



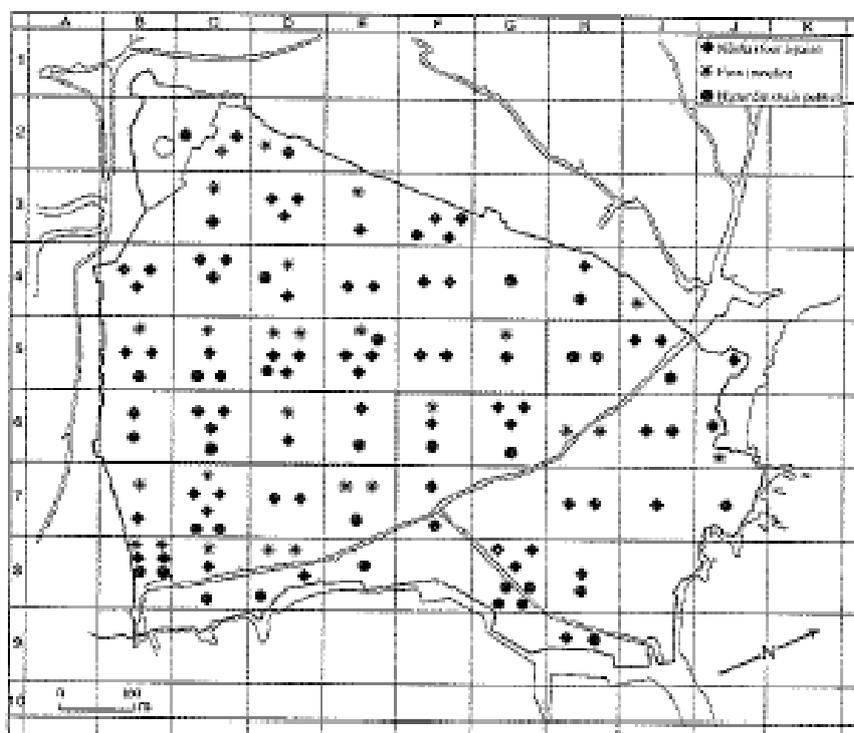
Los mercados de la ciudad de Argel



Mezquitas de la ciudad de Argel



Los Barrios de la ciudad de Algier (10)



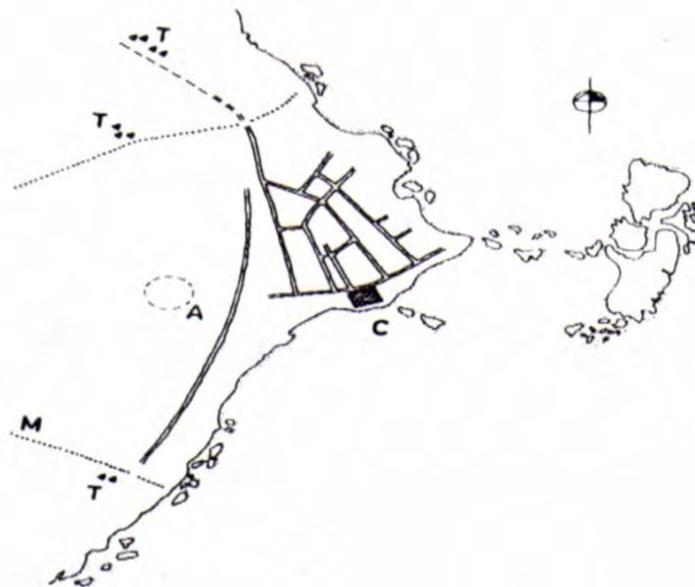
Los Baños/hornos de panaderías/  
molinos 10

Con respecto a la población de Argel, esta no era tan importante como lo cuentan los viajeros. La superficie de la ciudad y el tipo de arquitectura (vertical) que tenía no permitía de albergar más de 100 000 personas, aunque en las casernas había una grande concentración de personas. El número de 50000 personas citado por Venture de Paradis, era también exagerado. Una población de 50000 personas sobre una superficie de 46 hectáreas, da una densidad de población de 1100 personas por hectárea, lo que es dos veces más alta que la densidad de población de la parte más poblada de Cairo en la misma época (siglo XVII y XVIII).<sup>11</sup>

En Argel se constituyó también un centro administrativo, un centro económico y un centro religioso. El centro económico se ubicó en la intersección de la calle Bab El Djdid y la parte norte de Bab Azoun. El centro administrativo se ubicó al Este del centro económico, alrededor de la Jenina. Y finalmente, el centro religioso se constituyó con las tres principales mezquitas de la ciudad de Argel.<sup>12</sup>

## 1.2- Historia y evolución urbana del barrio de Bab El Oued:

Existe muy poca información sobre el barrio de intervención Bab El Oued (BEO), durante la época romana, pero gracias a las hipótesis de Crésti tenemos un dibujo.<sup>13</sup>



Bab El Oued (BEO), durante la época romana



Plano de Bab El Oued en la época Otomana



La Puerta de Bab El Oued



Puerta de Bab Azoun

Planos y fotos de Bab El Oued 14

Podemos enumerar otros cambios en el desarrollo del barrio de BEO que son:

1) Bab El Oued (BEO) el suburbio “Le Faubourg” : 15

El barrio de BEO conoció muchos cambios durante la época francesa, se construyeron 5 molinos de vapor así que un cementerio llamado “El Kattar” para los autóctonos. En 1840 el crecimiento de la población obligó a los franceses ampliar la superficie de la ciudad. En 1843, la fuerza colonial francesa realiza un jardín llamado “Marengo” hecho por los condenados militares de los años 40 y en 1844 construyen una nueva muralla a 500 metros de distancia de la antigua, donde instalaron el arsenal de artillería.

En 1845, las autoridades francesas deciden de construir un grupo de viviendas “Cité Bugaud” entre el hospital de Mayo y Oued M’Ghessel, este grupo habitacional fué inaugurado en 1848 , y en 1846 aprueban el proyecto “Guichin” que consiste en desarrollar nuevos barrios : “Bab Azoun, Bab El Oued, Mustapha, Isly, etc.”.

- En 1849 se inaugura el hospital Militar
- En 1873 se realiza la instalación de una red de saneamiento y el recubrimiento del Oued M’ghessel por razones higiénicas.

2) Bab El Oued hacia el barrio: 16

- En 1895 se construye una línea de tranvía.
- En 1896 se destruye una parte de la muralla y en su lugar se construye el jardín “La Coulée Verte”.
- De 1900 hasta 1910, se construye el barrio de “L’esplanade”. (La revolución industrial cambia el modo de organización del barrio de un modo rural a un modo urbano).
- En 1920 se construyen viviendas HBM “Viviendas sociales”, y se crea un tejido urbano para unir el barrio “Esplanade” y el barrio “Bugaud”.

3) Bab El Oued (BEO) el barrio: 17

- En 1950 se construye la piscina El Kittani.
- En 1954 se construye el barrio “Eucalyptus”, y la plataforma “Ferhani” para recibir los helicópteros que transporta hacia el hospital militar los heridos del ejército francés durante la revolución Argelina.

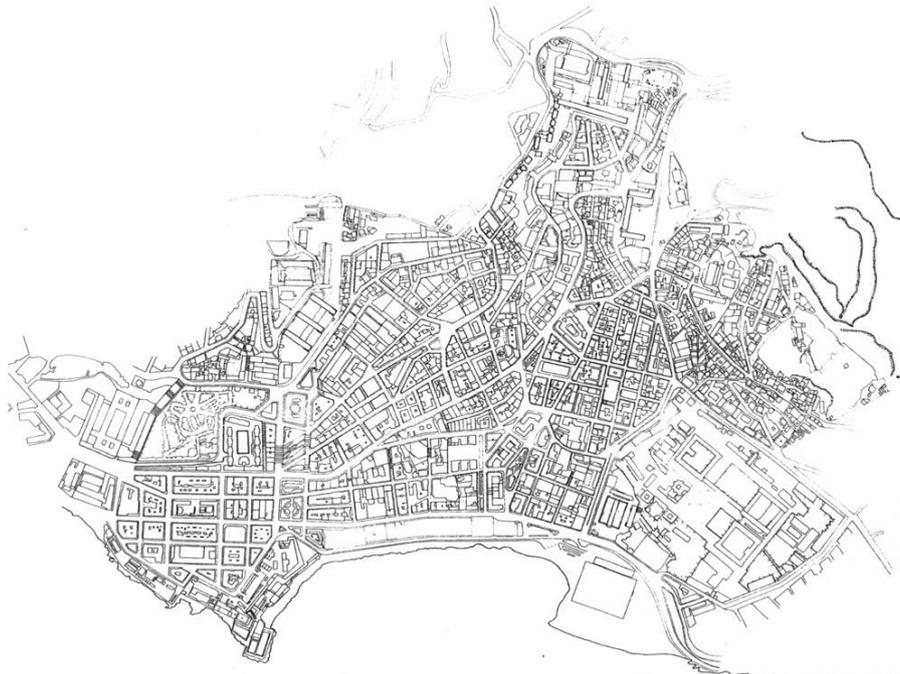
- En 1950 y hasta 1962, se densifica el tejido de unión entre los barrios “Esplanade” y “Bugaud”.
- En 1980 se construye el hotel “El Kittani”.
- En 1988 la ausencia de desarrollo urbano provoca una deterioración del tejido urbano y un desarrollo de la vulnerabilidad del barrio de BEO a los fenómenos naturales.
- En 2000 se habilita el paseo de la costa “El Kittani”.
- En 2002 se realizan trabajos de rehabilitación después de la catástrofe causada por las inundaciones de noviembre 2001.
- En 2007 se destruye el campo de futbol “Ferhana” con el objeto de reorganizar la circulación urbana.



Bab El Oued (BEO) el suburbio



Bab El Oued (BEO) hacia el barrio



Bab El Oued (BEO) el barrio



El barrio “Bugaud” 18

### 1.3. La composición geológica y la topografía de la ciudad de Argel:

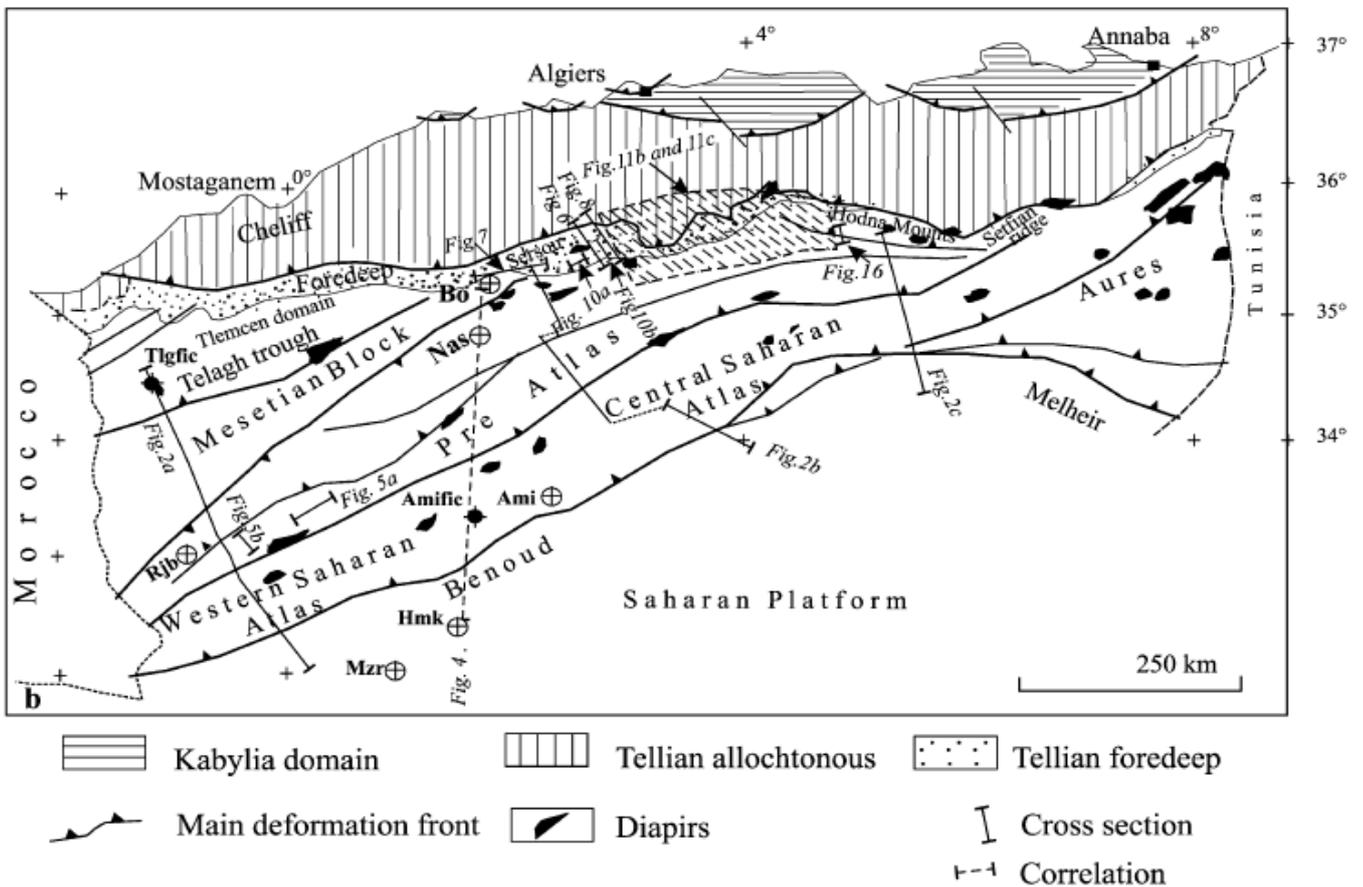
La estructura geológica del norte de Argelia desde el mar del mediterráneo hasta la plataforma del Sahara y el largo del “Alto Kabylia Meridian” se compone de: 19

- En el norte, se ubica la zona interna llamada territorio de Kabylide “Kabylide Domain” y que corresponde al margen Tethys del Norte (Tethyan Northern Margin) durante el período Mesozoico. Este territorio representa el “Maghrebian Orogen Hinterland”. Su estructura está caracterizada por la imbricación de unidades tectónicas constituidas de rocas metamórficas y sedimentarias.

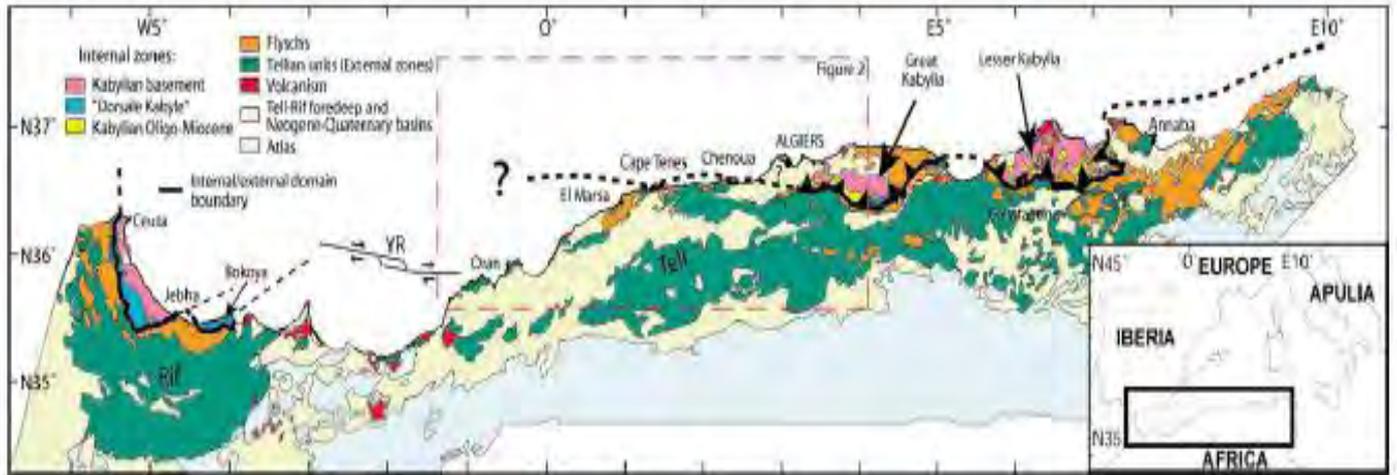
- Las zonas del Flysch están actualmente localizadas en el Sur y el Norte del “Kabylia Massifs”. En su organización inicial los “Mauretania y Massylian Flyschs” eran depósitos situados en el extremo sur de la cadena de la Kabylia. Esta posición paleogeográfica no está confirmada científicamente. Los “Massylian Flyschs” son considerados como territorios intermedios localizados entre el Norte y el Sur del margen Tethys “Tethyan Margin”. La posición estructural actual es el resultado de la división de la deformación plástica de unidades Basinal que se ubican al frente del tope del “basement backstop” de la Kabilia (“sótano de la Kabilia”).

- El Tell una zona externa que representa el extremo Sur de margen Tethys “Tethyan Margin”, se compone de depósitos de Mesozoicos y Cainozoicos. Esto corresponde a un **alochtone** hecho de diferentes unidades que forman una pila de napas.

- El Tellian es un Surco frontal (foredeep) desarrollado al extremo Sur del territorio anterior, es llenado por los depósitos de Mioceno. El Tellian surco frontal (foredeep) tiende principalmente del Oeste al Este, y descansa sobre el Antepaís (foreland).
- La zona de Antepaís (foreland) frunce el AnteAtlas (preatlas) y el bloque Mecitian (Mecetian block) y el territorio Atlasico. Los afloramientos están representados por depósitos de rocas sedimentarias en el Oeste y el Centro del Sahara Atlas.
- La plataforma del Sahara en la frontera Norte corresponde a la cuenca del Atlasico terciario Antepaís. Este territorio está muy poco deformado por la actividad de compresión del Terciario.



“Mapa de la estructura geológica del Norte de Argelia” 20



Mapa de la estructura geológica modificada por el científico W.Wildi. 21

La ciudad de Argel, a nivel regional pertenece al masivo de Argel que es una zona interna de la cadena interna de los “Maghrébides”, un segmento orogénico de las cadenas alpinas perimediterráneas.

Esta cadena Maghrébides se constituye de zonas internas y externas y de napas de flysch.

Al nivel local, se compone de tres categorías de formaciones geológicas: 22

- Las formaciones antiguas que crean los relieves del monte Bouzareah constituido de Esquistos y Gneis.
- Las formaciones post neógenos en la parte Sur Oeste de Argel “El Biar, Hydra, et otras” donde predominan las facies molásico y margoso.
- Las formaciones reciente de edad cuaternario desarrollado en el Este de Argel.

Podemos observar en el antepaís de la principal falla de la región, que separa las formaciones antiguas del monte Bouzareah de las formaciones post neógenos. Es una falla activa por el contraste geomorfológico de sus dos lados y por la presencia de rocas del cuaternario en la cumbre de Bouzareah.

Existan también dos otras fallas, una a lo largo de Oued El Harrach (Rio) y la otra de orientación NE-SO que cruza el barrio de El Harrach. Estas dos fallas no son activas por sus expresiones geomorfológicas casi nulas en el terreno. (19)

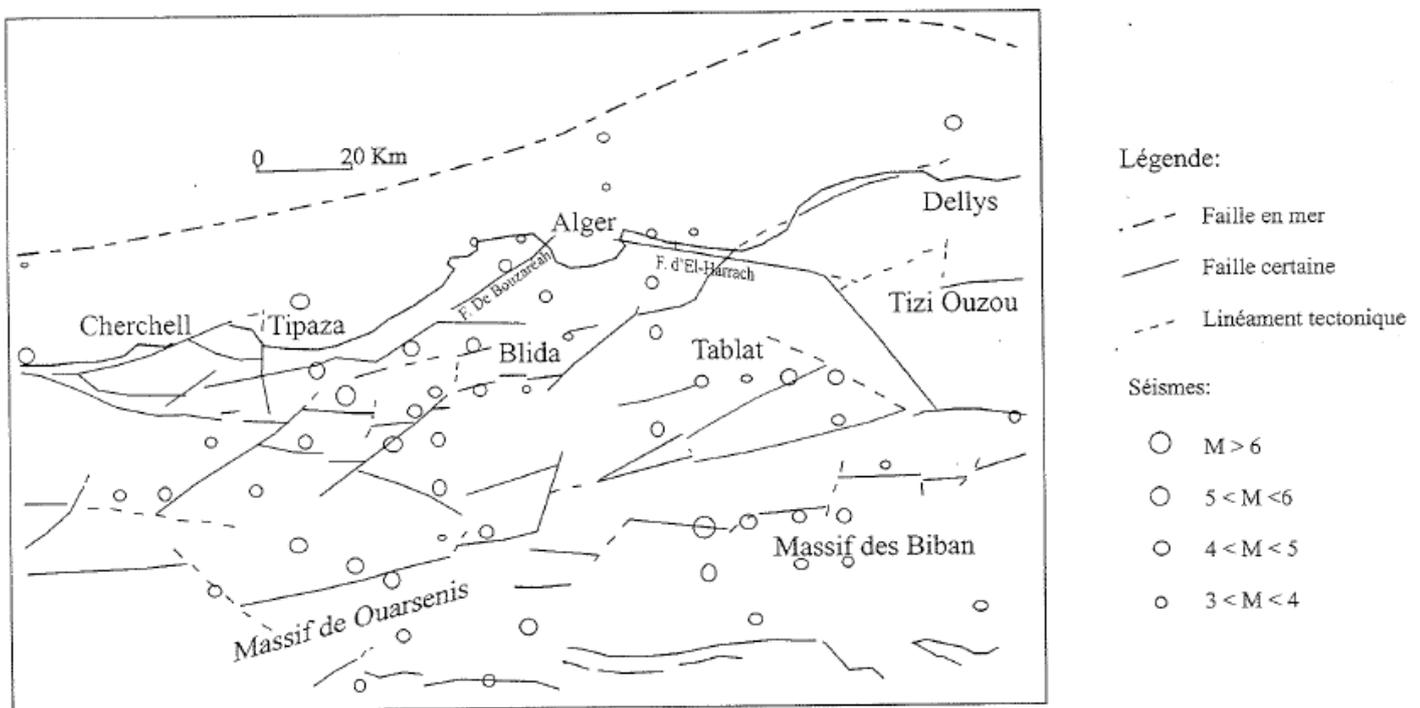
Vamos también a hablar sobre la parte tectónica y neotectónica de la región que es una sucesión de Anticlinales et Sinclinales, así que de fallas orientadas Este- Oeste. La neotectónica de la región se divide en dos partes: (19)

- La primera, debida a la actividad de las fallas: las imágenes satélites y las fotografías aéreas nos permiten observar las fallas y los desplazamientos. Estas fallas se clasifican como activas o probables.

- La segunda, debida a los aspectos geológicos y morfológicos: existe una relación fuerte entre la estructura geológica de la región y el contexto neotectónico. Estas relaciones se traducen en las observaciones siguientes:

a- las terrazas marítimas al largo del litoral que se traducen en la existencia de movimientos verticales durante el periodo cuaternario.

b- la existencia de segmentos de fallas orientadas Este-Oeste a lo largo de la planicie de Metidja al Norte y al Sur. La variabilidad de la profundidad de la cubierta cuaternaria puede llegar a algunos cientos de metros. Las fallas que están a lo largo del litoral están a veces jalonadas por numerosas posiciones triásicas mineralizaciones y subidas de agua termominerales de origen volcánico.



Mapa sismotectónico de la región de Argel (CGS 1998) 23

## 1.4. La tipología de las construcciones en la ciudad de Argel:

A la escala de una ciudad muchas tipologías de construcción existen, y sobre todo cuando el tejido urbano de la ciudad tiene un desarrollo histórico rico. Estudiar la tipología de la ciudad de Argel es hacer una estratificación de los diferentes procesos y técnicas de construcción que corresponden a las grandes épocas. Al nivel mediterráneo J. Ptrowski ha identificado tres modelos de construcción que son: <sup>24</sup>

- antes de 1920, tenemos un predominio de la construcción tradicional realizada con Adobe, y albañilería de piedra y de ladrillos, con forjados en madera o abovedado.
- periodo entre 1920 y 1950, las construcciones eran en albañilería de piedra y de ladrillos con un forjado de hormigón armado.
- Después de 1950, las construcciones eran de tipo moderno con un sistema de pilares y con vigas en hormigón armado.

Las herramientas usadas para poder identificar las tipologías constructivas de la ciudad de Argel son:

- Las fotografías satélites que nos permiten gracias a un tratamiento de imagen de tener las formas en plano de las construcciones.
- Las fotografías aéreas 2D y 3D aparejadas al Catastro, nos permitan de tener la forma en plano y la elevación de las construcciones.
- Las páginas amarillas a veces nos dan una base de datos constituída de fotos y fachadas de las construcciones, que podemos aparejar con las direcciones para tener un banco de datos siguiendo un itinerario.
- Los itinerarios, es una metodología basada sobre la elección de itinerarios. La identificación se hace gracias a un formulario sobre el cual escribimos las observaciones visuales como por ejemplo el sistema constructivo, número de niveles, el uso y el edad del edificio.

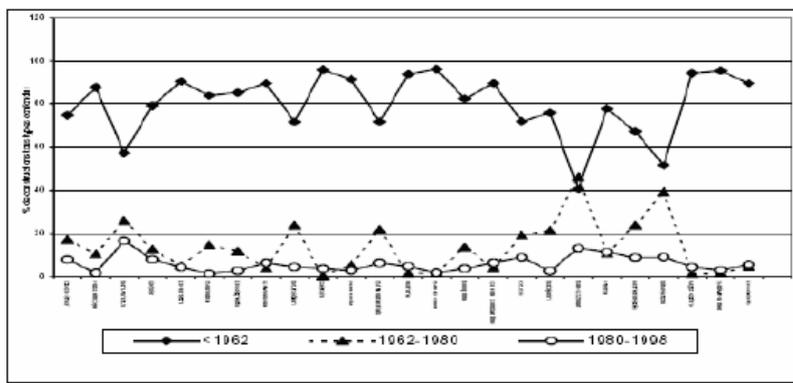
### 1.4.1- la tipología de Argel “descripción”:

El eje “Bulevar Zirout Youcef” que era en el pasado el “Bulevar de l’Impératrice” constituyó la línea del desarrollo de toda la aglomeración de Argel. La ciudad de Argel fue urbanizada siguiendo las curvas de niveles topográficas sobre las cuales se construyó la red de las vías de comunicación. Este parámetro ha condicionado mucho el plano de urbanización de la ciudad en cuadros rectangulares. Las irregularidades provocadas por la topografía crean unos cuadros triangulares.

Por lo que concierne al sistema constructivo, podemos encontrar en el centro las construcciones en albañilería que tienen un máximo de seis niveles de altura. En el barrio de Bab El Oued y de Champ de Manoeuvres hay edificios grandes construídos en hormigón armado, y en la periferia, un poco más lejos, otros tipos de edificios construídos en prefabricado. Ver a continuación el tablero que identifica las diferentes tipologías y sistemas constructivos así que sus periodos de edificación y el lugar de ubicación: 25

<b>Tipología</b>	<b>Sistema constructivo</b>	<b>Edad</b>	<b>localización</b>
Casbah	Muros estructurales en ladrillos	Hasta 1830	Casbah
Barrios antiguos	Muros estructurales en piedra	Antes de 1920	- Mustapha - Bab El Oued - Centro de Argel
Los primeros HLM	Albañilería Edificios con cuadros abiertos	1920 -1930	- HLM Champs de Manoeuvre - Cité Bobillot - Cité verdun - Cité de la consolation
Los primeros grupos de urbanización modernos	Hormigon armado pilares y vigas	1950 - 1955	- Aissat Idir - Groupe Champs de Manoeuvre - Aéro Habitat
Los barrios "Cités Recasement"	Albañilería	1950 – 1960	- Djenan El Hassan -Diar El Kaf
Las obras de Pouillon		1954 - 1957	- Climat de france - Diar El Mahçoul - Diar el Saada
Los grupos de urbanización	- Edificios en barra - Pilares y vigas, prefabricación pesada	1958 – 1959	- Diar El Djemaa - Les dunes - Cité Mahieddine - Diar El Afia
Los barrios nuevos	- Hormigon armado - prefabricación pesada	Después de 1970	- Cité Chevaley - Cité la Vegerie -Cité les sources -Cité les Anassers

Podemos observar que los proyectos construidos en el periodo 1920 hasta 1930, han podido integrarse en el tejido urbano del centro sin ningún problema, porque eran proyectos de menos de 100 viviendas, al contrario de los otros proyectos que eran más grandes y más difícil a integrar en el tejido urbano del centro.



Evolución de la construcción durante los tres periodos:

Antes de 1962

Entre 1962 y 1980

Entre 1980 y 1998

(24)

De otra parte, podemos clasificar las tipologías de las construcciones en la ciudad de Argel por tipos de sistemas constructivos: (solamente 4 municipios) 24

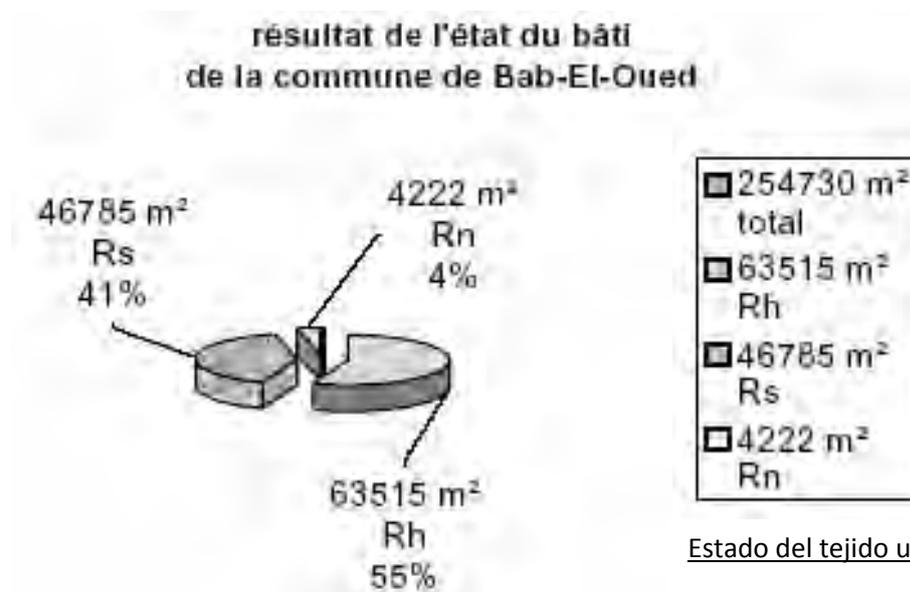
	Total	Vivienda	Escuela	Salud	Administración	Sociocultural	Público
Albañilería	2064	1824	42	11	60	17	110
Hormigón armado	307	231	20	6	23	1	26
Armazón metálica	20	11	1	1			7
Mixta	289	246	5	1	13	1	21
Precaria	20						
Total	2700	2312	68	19	96	19	164

Este tablero muestra que sobre 2700 edificios hay 2064 construidos con albañilería, y que las construcciones en hormigón armado son muy pocas. También hemos observado que 300 edificios han conocido transformaciones (estructura mixta). De los 2700 edificios, si quitamos los edificios que tienen en la planta baja negocios, nos quedarán 2312 edificios que son a uso exclusivo de viviendas. En esta zona de estudio el sistema de muro estructural representa 76% de los sistemas construidos, y en los edificios públicos este sistema representa 70%. (24)

Tipología	Elementos verticales	Ubicación	Elementos horizontales	Configuración en plan	Mantenimiento
albañilería	Muro estructural en piedra	- Mustapha - Bab El Oued	- abovedada en ladrillo - madera - cuerpo vacío - forjado en hormigón	- Edificio aislado	- Falta de mantenimiento
	Muro estructural en bloques de toba	- El Kitani Bd - Zigout Youcef - Bab Azzoun - Basse Casbah		- Edificio en cuadros	- Edificios vetustos.
	Muro en ladrillos llenados	- Bab Azzoun - Casbah			
Hormigón armado	Pórticos	- Bab El Oued - Mustapha	- Vigas y viguetas (cuerpo vacío) - forjado	- Edificio con cinco pisos.	- Falta de mantenimiento.
	Muros en hormigón más elementos de armazón	- en la parte de arriba de Bab El Oued.	-----	- Edificio en barra	-----

Tipología estructural de los barrios de Argel (Mustapha, Bab El Oued, Bab Azzoun, Casbah) (24)

Si embargo, podemos focalizar más sobre el sitio de intervención de nuestra investigación que es Bab El Oued, donde 40 % del tejido urbano necesita una reestructuración, y más del 50% una rehabilitación



Estado del tejido urbano del barrio Bab El Oued.

Rh= Rehabilitación

Rn= Renovación

Rs= Restauración

Gracias a los datos de la Oficina Nacional de Estadísticas (ONS) y del POS (Plan de uso del suelo) y los archivos nacionales y la verificación in situ de los edificios se ha podido concluir que: 26

- Las viviendas de R+0 representa un porcentaje igual entre las casas tradicionales e individuales así que los talleres.
- Las construcciones tipos “Edificios” representan 7.30%, 14.89%, 14.70%, 24.51%, 16.1%, 3.24% por los edificios que van de R+1 hasta R+10.
- Las casas individuales con un patio son: R+0 (43.4%), R+1 (40.6%), R+2 (9%), R+3 (3%).
- Las casas tradicionales representan 54% de R+0 y de 4% de R+5.
- Los hoteles y pensiones representan 33% de R+2 hasta R+4.
- Los talleres y fábricas representan 48% de R+0.

Tipo de construcción	R+0	R+1	R+2	R+3	R+4	R+5	R+(6-9)	R+10	Total
Edificios	0 (0%)	79 (7.3%)	161 (14.9%)	188 (17.4%)	159 (14.7)	265 (24.7%)	174 (16%)	35 (3.2%)	1081
Casas indiv con patio	79 (43.4%)	74 (40.6%)	17 (9.3%)	5 (2.7%)	1 (0.5%)	2 (1.1%)	1 (0.5%)	1 (0.5%)	182
Casas indiv sin patio	86 (50.6%)	54 (31.7%)	18 (10.6%)	5 (2.9%)	1 (0.6%)	3 (1.7%)	1 (0.6%)	0	170
Casas tradicionales	13 (54.1%)	3 (12.5%)	5 (20.8%)	0	0	1 (4.1%)	0	0	24
Hoteles/pensiones	0	0	1 (33.3%)	1 (33.3%)	1 (33.3%)	0	0	0	3
Talleres/fábricas	12 (48%)	3 (12%)	2 (8%)	3 (12%)	2 (8%)	1 (4%)	1 (4%)	1 (4%)	25

## 1.5. La densificación urbana y el crecimiento de la población como factores de vulnerabilidad en la ciudad de Argel:

Después de la revolución Argelina y la independencia del país en 1962, la población de Argel ha conocido dos grandes fenómenos, el primero es **el crecimiento de los nacimientos y por consiguiente el aumento de la población, el segundo es el desplazamiento de la población hacia la ciudad de Argel en busca de mejores condiciones de vida.** Estos dos fenómenos han aumentado la densidad de la población en el centro de Argel pasando de 980 000 habitantes en 1962 a 2 700 000 habitantes en 2002.

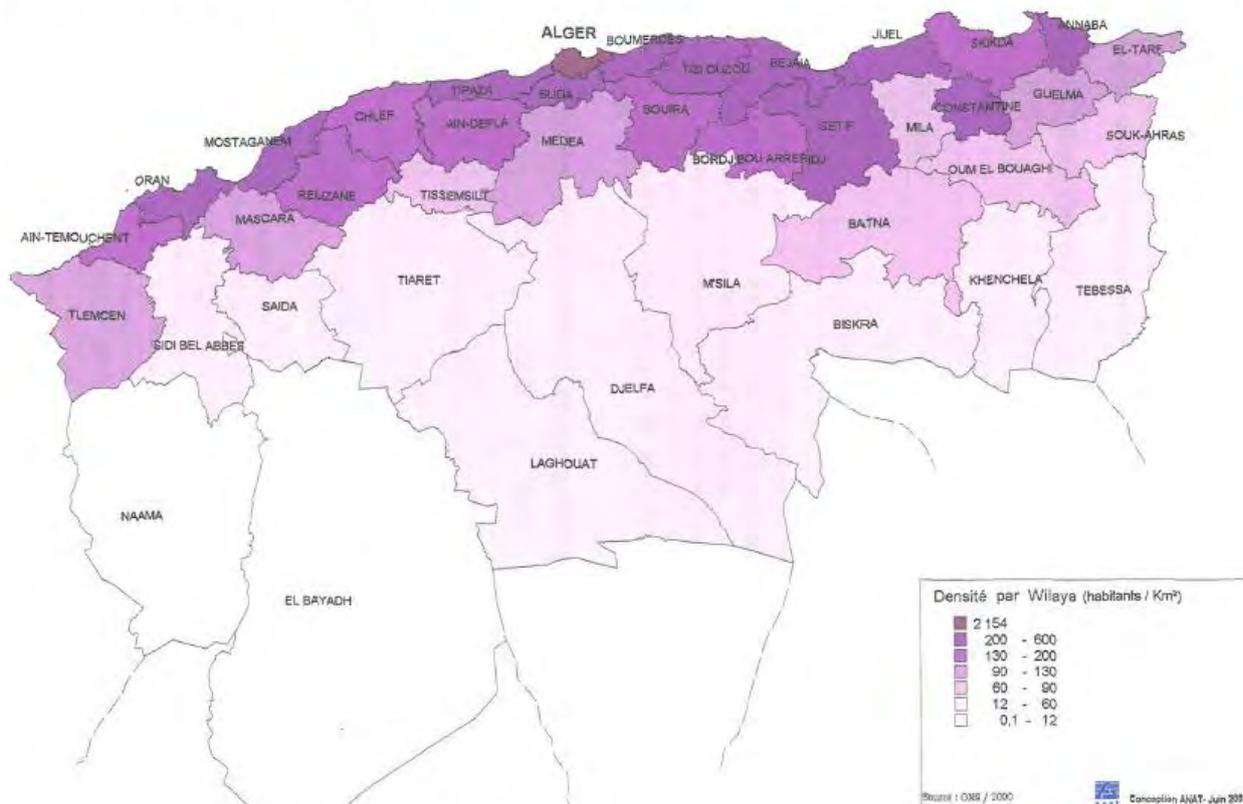
De otro lado, el desarrollo urbano que era constante en el periodo colonial 1830 y 1962, conoce después de 1962 una disminución de la construcción por saturación. Estos fenómenos han empujado el desarrollo urbano hacia la periferia desde los años 70 hasta nuestra época. Decimos también, que el crecimiento de la urbanización no ha seguido el crecimiento de la población en Argel, y eso ha provocado un gran déficit de alojamientos y una gran crisis social. En el año 1962 habían 198 000 viviendas por 980 000 habitantes, y en 2002 existían 456 000 vivienda por 2 700 000 habitantes. Estos números muestran que en 1962 había una vivienda por cada 4 personas y que en 2002 encontramos una vivienda cada 6 personas, pero hay que entender que en Argel una familia pudiente puede tener dos o tres viviendas y que a veces no se usan (el gobierno Argelino ha pedido a las personas propietarias de viviendas vacías de alquilarlas para disminuir la crisis de alojamiento). En 2008 el número de personas en una vivienda, alcanza hasta 10 o 12 personas.

La crisis social influye mucho sobre la situación económica de la región y viceversa. Esto resulta de la unión de problemas múltiples, uno de ellos “antigüedad del tejido urbano” y “la falta del mantenimiento de los edificios” y “el desarrollo de las construcciones ilegales” Como Argel es una zona donde los riesgos geológicos son múltiples, resulta que esta situación aumenta la vulnerabilidad de la ciudad que puede conocer grandes catástrofes sísmicas y de inundaciones.

Año	viviendas	habitantes
1962	198 000	980 000
1966	217 398	1 257 219
1998	435 605	2 562 428
2002	456 000	2700 000

Crecimiento de la población entre 1962 y 2002

## Densité de la population par Wilaya en 1998 (RGPH)



Mapa de densidad de la población en el Norte de Argelia. Fuente: RGPH 1998

7

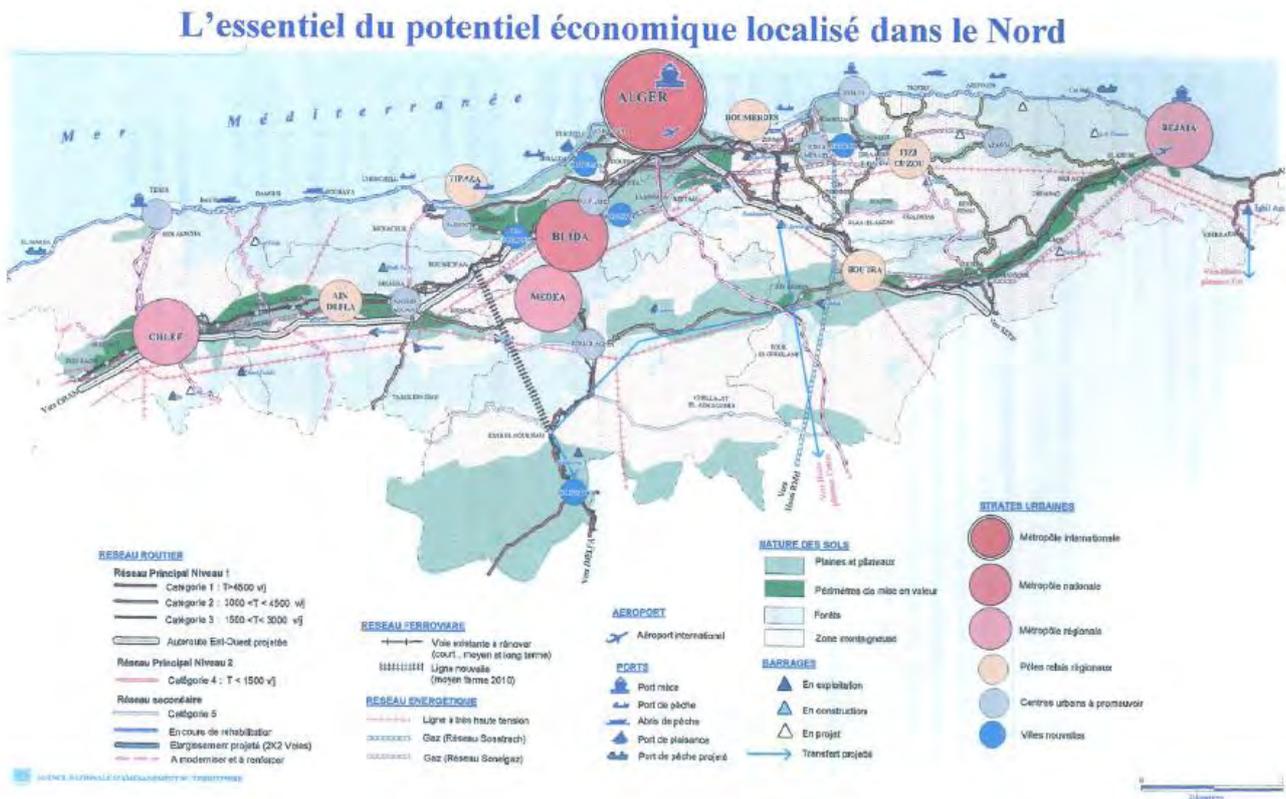
### 1.6- la situación económica de la ciudad de Argel:

**El norte de Argelia conoce una concentración de las actividades económicas en razón de las buenas condiciones climáticas y naturales.** Esta zona tiene el mejor potencial de agricultura del país lo que originó la emigración de población desde Sur hacia el Norte durante la colonización, pasando a convertirse además en un gran potencial industrial después la independencia.

La parte norte de Argelia (la zona del Tell) reagrupa 2/3 de las unidades industriales del país, y 51 % de ellas están en la zona del litoral (Argel, Skikda, Oran, Annaba, Arzew). Aunque el gobierno ha intentado relocalizar las actividades industriales y económicas hacia el altiplano y el Sur, no ha funcionado por los razones siguientes: 28

- La debilidad de las regiones del altiplano para producir las riquezas.
- La concentración de las grandes infraestructuras e instalaciones en la región del Tell.
- Las grandes presas hidráulicas están en la zona del Tell.

- La ubicación de los importantes ejes de comunicación terrestre (autopistas, ferrocarril), aérea (aeropuertos internacionales) y tecnológicas (teléfono, internet) en la zona del Tell.
- Concentración de las instalaciones en la zona del Tell como grandes universidades, centros de estudios, grandes hospitales y otros.
- Concentración de 40% de la población del país en la zona del Tell.



Mapa del potencial económico concentrado en la zona del Tell 29

Argel es una ciudad que se ubica en la zona del litoral y que reúne todas las ventajas de la zona del Tell. **Pero lo que hace de Argel la ciudad económica más grande de Argelia es su potencial político, su condición de capital del país así que la concentración de sedes de bancos y de empresas extranjeras.** Otro aspecto es la importancia del aeropuerto internacional de Argel.

Lo que queremos decir, es que la concentración y la dimensión de las infraestructuras e instalaciones, de la población, de las actividades y de los tránsitos internacionales, son mucho más importantes en Argel que en las otras grandes ciudades de Argelia.



- La regulación de las viviendas ilegales (construidas en duro)
- La creación de nuevas herramientas de urbanismo.
- La liberación del mercado de tierras
- La liberación de los estudios de urbanismo
- Anulación de varios proyectos del estado.

A partir del año 2005, el petróleo conoce una subida de su precio tan alta que el gobierno decidió reactivar proyectos urbanos importantes y proyectos de viviendas grandes. Las estructuraciones programadas por el estado de Argelia en Argel son: 30

A- La parte “Infraestructuras”: 30

- Una línea de metro larga de 9 km a abrir en septiembre 2008.
- Una línea de tranvía larga de 17 km a abrir en el año 2009.
- Una segunda autopista periférica en la ciudad de Argel.
- Una red de transporte regional de ferrocarril (RER) para el año 2009.
- Construcción de cuatro teleféricos para relacionar la parte baja de la ciudad de Argel a los sectores de la parte alta de la ciudad.
- Cruces en todos los nudos de circulación importantes (Hydra, Chevaley, Chateau Neuf, Palais du peuple)

B - La parte “Proyectos Urbanos”: 30

- Proyecto urbano de la nueva fachada marítima de la Bahía de Argel larga de 25 km, con el objeto de recibir actividades turísticas y de diversiones, centros comerciales y viviendas de lujo.
- Renovar el barrio “El Hamma” para que vuelva a ser un centro de servicios y de instalaciones.
- Renovar el barrio “Ruisseau /Hussein dey” e instalar un polo de transporte “metro, tranvía, buses, teleférico”



El polo de centralidad del Barrio del Hamma y de Ruisseau 30

Hafiane Abderrahim, "Les projets d'urbanisme récents en Algérie",  
43rd ISOCARP Congress 2007

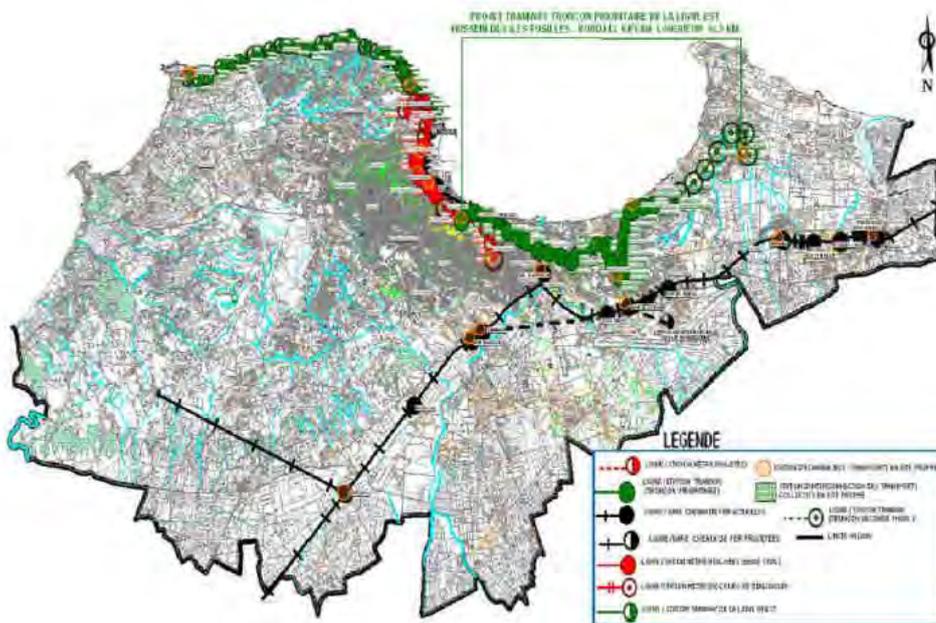
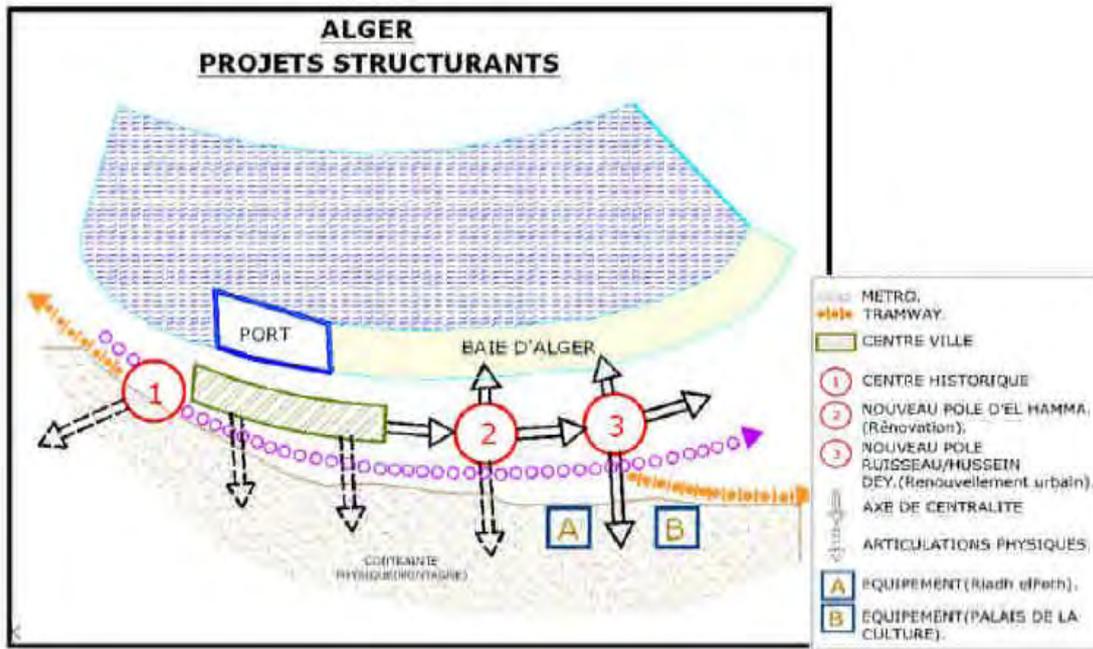


Fig 6: Réseau futur des transports collectifs en site propre de la wilaya d'Alger  
Objectif d'articulation

El futuro plano de transporte público de Argel



El proyecto estructurate de Argel

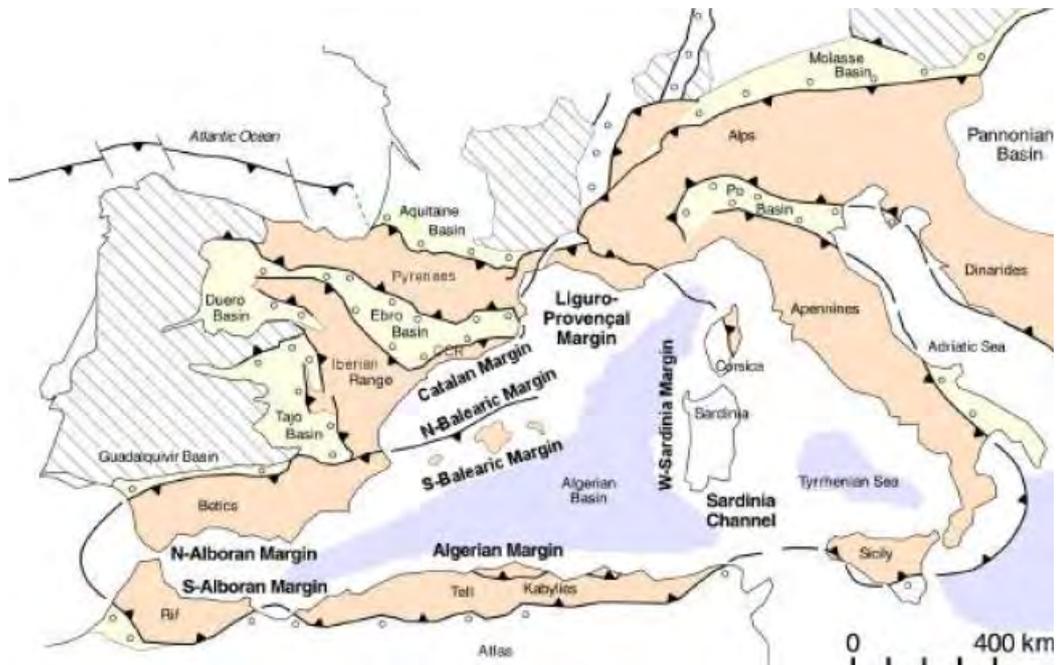
## 2- Estudio de la sismicidad en Argelia:

El Norte de Argelia es una región sísmica donde ocurren terremotos a veces tan fuertes como el de Asnam en 1980 con una magnitud de 7.3 o el de Boumerdes en 2003 con una magnitud de 6.8. Estos seísmos son debidos a los movimientos y las tensiones entre la placa continental Africana y la placa continental Euroasiática. La sismicidad en Argelia no era muy desarrollada antes de los sismos ya mencionados, ellos han permitido de tener muchos datos que han contribuido a provocar cambios importantes en la percepción sísmica de la zona y sobre todo en las normativas de construcción. Hoy día, la red nacional de control de los seísmos y algunas investigaciones permitan de establecer mapas de amenaza sísmica, que ayudan a la reducción del riesgo sísmico en nuestro país.

### 2.1- Reseña de la sismicidad en la cuenca del mediterráneo:

El fenómeno tectónico que especifica la zona del mediterráneo son los movimientos de compresión entre la placa Africana y la placa Euroasiática. Estos movimientos están orientados NNO y SSE. Los seísmos de la región no son profundos. Las investigaciones han demostrado, a partir de los datos telesísmicos, que la profundidad no es más que

10Km. Sin embargo, estos datos no son tan precisos, en otras regiones del norte de África, el 70% de los terremotos tienen una profundidad de menos de 15Km. 31



Mapa de las fallas en el Norte de África y el Sur de Europa 31

La amenaza sísmica en el Norte de África está ilustrada en estos dos mapas:

El primer mapa muestra la distribución geográfica de los máximos movimientos de tierra que esperamos en el futuro, por una probabilidad de 10% de exceder en 100 años. Este mapa fue confeccionado en consideración de la ley de atenuación de los movimientos de tierras horizontales y verticales del científico Ambraseys.

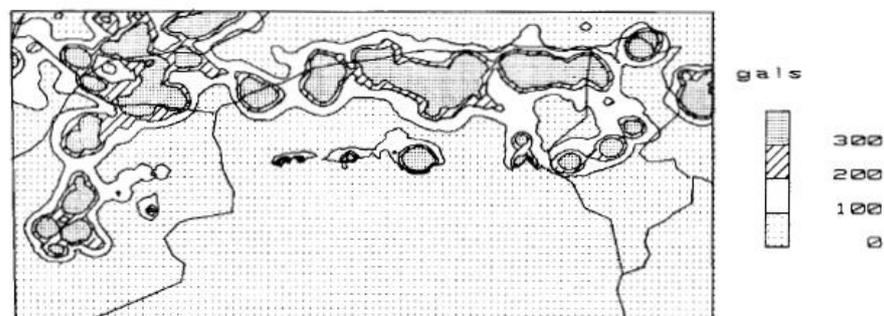


Figure 4. The geographical distribution of the expected peak ground acceleration for a 10 per cent probability of exceedance in economic life of 100 yr using Ambraseys<sup>18</sup> horizontal-PGA attenuation law

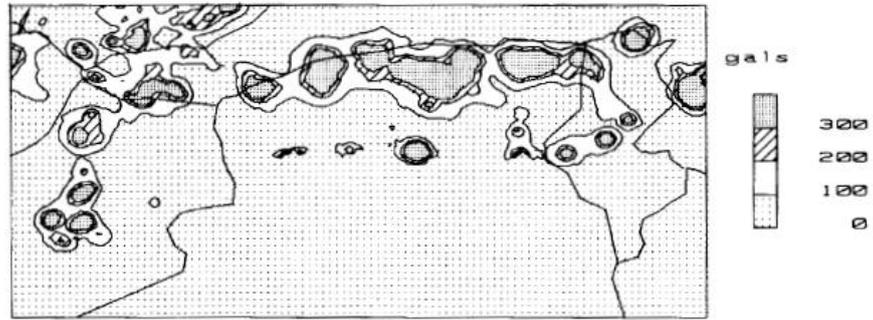


Figure 6. The geographical distribution of the expected peak ground acceleration for a 10 per cent probability of exceedance in an economic life of 100 yr using Ambraseys<sup>18</sup> vertical-PGA attenuation law

El segundo mapa nos muestra la distribución geográfica de los máximos movimientos de tierra que esperamos en el futuro, por una probabilidad de 10% de exceder en 100 años. Este mapa fue trazado en consideración de la ley de atenuación de los movimientos de tierra horizontales de los científicos Molas y Yamazaki.

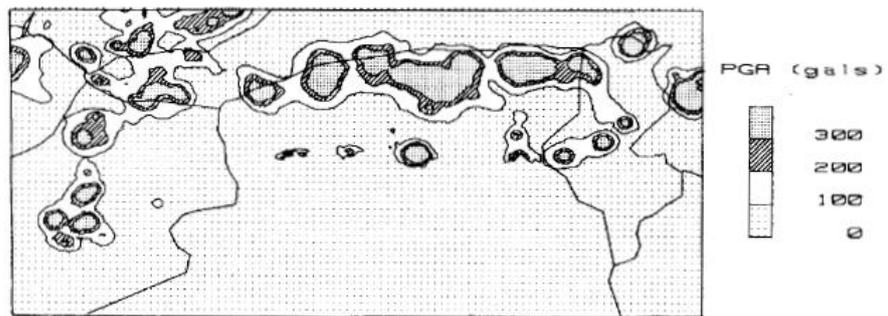


Figure 5. The geographical distribution of the expected peak ground acceleration for a 10 per cent probability of exceedance economic life of 100 yr using Molas and Yamazaki<sup>17</sup> horizontal-PGA attenuation law

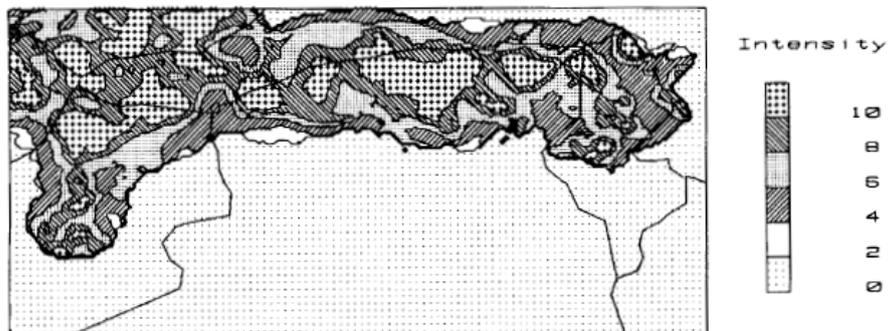


Figure 7. The spatial distribution of seismic hazard, in the Maghreb countries, in terms of intensity (MSK), for an economic life time of 100 yr using Benouar<sup>20</sup> intensity-attenuation law

Los resultados de los dos mapas no son muy diferentes. Excepto cuando la ley de atenuación de los movimientos de tierra horizontales de Molas y de Yamazaki da un valor de 980 gals contra 200 gals dados por Ambraseys.

A partir de estos mapas observamos que **la amenaza sísmica es importante en las zonas que han conocido seísmos fuertes durante el pasado como por ejemplo: Argel, El Asnam, Setif, Constantine**. La amenaza sísmica es también importante en la zona Oeste del Norte de África : Marruecos y el Sur de la Península Ibérica, en las zonas del Riff y del Alto Atlas. En Túnez la amenaza sísmica es importante en el norte 34°.

## 2.2- La historia sísmica de Argelia:

Argelia es un país donde el riesgo sísmico hace parte profunda de la historia urbana, el determina la forma de sus ciudades, y también la mentalidad de la población. El catálogo sísmico de Argelia empieza el 03 de Enero 1365, fecha en que se produjo el primer seísmo destructivo de Argel. Antes de esta fecha los científicos no tienen datos sobre los seísmos en Argelia. A partir del año 1365, se han producido muchos seísmos a algunos de fuerte magnitud. Vamos a enumerar los más importantes en el tablero siguiente: 32 33

Fecha	Place	Observación	Referencias
419	Setif	Mencionado por Agustín	Guidoboni <i>et al.</i> (1994)
3 Enero 1365	Argel	destructivo	Ambraseys and Vogt (1988)
10 Marzo 1673	Argel	Similar al evento de 1716	Ambraseys and Vogt (1988)
3 Febrero 1716	Argel	destructivo	Ambraseys and Vogt (1988)
29 Noviembre 1722	Argel	Fuerte/ muchos daños	Ambraseys and Vogt (1988)
9 Octubre 1790	Oran	2000 fatalidades	Lopez Marinas and Salord (1990)
Marzo 1819	Mascara	Daños en Mascara y Oran	Mokrane <i>et al.</i> (1994)
03 Marzo 1825	Blida	Daños en Blida y Argel 7000 fatalidades	Ambraseys and Vogt (1988)
22 Noviembre 1851	Mascara	Daños sin fatalidades	Rothé (1950)
22 Agosto 1856	Djidjelli	Destruyivo con un Tsunami	Ambraseys (1982), Aucapitaine (1856), Senarmont (1856), Glautier (1856)
9 Marzo 1858	Kherba	Daños	Ambraseys <i>et al.</i> (1991)
2 Enero 1867	Mitidja	Destruyivo	Cochard (1867), Ambraseys and Vogt (1988)

16 Noviembre 1869	Biskra	200 viviendas dañadas y 30 fatalidades.	Rothé (1950), Roussel (1973), Ollivier (1870)
3 Diciembre 1885	M'sila	Fuerte, 33 fatalidades	Rothé (1950), Harbi (2000), contemporary press reports
29 Noviembre 1887	El Kalaâ	Destrucción 331 viviendas y 20 fatalidades.	Chesneau (1892), contemporary press reports
15 Enero 1891	Gouraya	Daños importantes y 36 fatalidades.	Pomel (1891), Rothé (1950), Ambraseys and Vogt (1988)
9 Septiembre 1954	orleansville	Destruccion, 1243 fatalidades	-----
10 Octubre 1980	El Asnam	Destruccion, 2633 fatalidades	-----
27 Octubre 1985	Constantine	Daños , 10 fatalidades	-----
29 Octubre 1989	Tipaza	Daños , 22 fatalidades	-----
18 Agosto 1994	Mascara	Daños , 175 fatalidades	-----
4 Septiembre 1996	Alger	Daños	-----
22 Diciembre 1999	temouchent	Daños , 25 fatalidades	-----
10 Noviembre 2000	B.Ouartilane	Daños , 04 fatalidades	-----
21 Mayo 2003	Boumedes	Destruccion, 2300 fatalidades	-----

La historia sísmica de Argelia antes del año 1903 es muy corta e incompleta por la falta de documentación precisa sobre los eventos, las únicas informaciones que tenemos son locales, pero ellas son incompletas.

### 2.3- Estudio de los terremotos en Argelia desde 1903 hasta 2003:

A partir del año 1903 tenemos más informaciones sobre los seísmos en Argelia y podemos describir algunos casos. Esta descripción de los seísmos entre 1903 y 1989 está hecha solamente sobre la base de los terremotos iguales o superiores a una magnitud  $M_s$  de "5". Los seísmos de Orleansville de 1954 y de 1980 así que los de Chenoua de 1989 y de Boumerdes 2003, van a ser desarrollados un poco más lejos en este mismo capítulo. <sup>34</sup>

- Boghari 23 de Septiembre de 1903: <sup>35</sup>

La magnitud del seísmo fue de  $M_s = 5,50 (\pm 0.15)$  y su intensidad de  $I = 7$ . El seísmo fue destructivo, el se situó en Boghari y Boghar y Moudjebeur. En Moudjebeur colapsaron múltiples viviendas tradicionales, en cambio, en Boghari y Boghar los daños

ocasionaron solamente fisuras en los muros. Este terremoto se sintió también en Blida, Meliana, Boufarik, Media, donde la gente salió fuera de sus casas por miedo. No tenemos ninguna información sobre deformaciones de tierras.

- Constantine 4 de Agosto de 1908: 36

La Magnitud del terremoto fue de  $M_s = 5,25 (\pm 0,10)$  y su intensidad fue de  $I = 8$ . Este terremoto fue muy destructivo y produjo pánico en las poblaciones locales y de las regiones vecinas. La primera sacudida fue de 10 segundos, ella causó 10 fatalidades y destrozó muchas viviendas, fábricas y edificios públicos. Este seísmo no tuvo ninguna señal premonitoria y fue seguido de múltiples sacudidas casi tan fuertes como la primera. Este terremoto fue grabado por la estación de Tiflis en Rusia y Helwan en Egipto. El movimiento sísmico causó en la meseta de Mansourah una fisura en la tierra de casi 200m de largo y 50cm de ancho. Todas las fuentes de agua que normalmente son frías se cambiaron de manera permanente en aguas calientes, las fuentes termales tomaron un color a rojo-sangre lo que asustó a la población. Los daños causados por el seísmo fueron estimados a 400 000 francos franceses en esta época.

- Aumal 24 de Junio de 1910: 37

La magnitud de este terremoto fue de  $M_s = 6,6 (\pm 0,3)$  con una intensidad de  $I = 8$ . Este seísmo ha sido el más fuerte grabado en la región de Aumal y ha durado entre 8s y 10s, causando 81 fatalidades y destrozando casas tradicionales y edificios públicos coloniales. El seísmo se hizo sentir muy fuerte en las regiones cercanas, el campo de la onda sísmica se ha extendido al Este hasta Setif, al Sur hasta Bou Saada y al Oeste hasta Orleansville. No tenemos ninguna información sobre deformaciones en el suelo, aparte de caídas de rocas. El epicentro del seísmo se situó a  $36,3^\circ N$  y  $3,7^\circ E$ .

- Cavaignac 25 de Agosto de 1922: 38

La magnitud del seísmo fue de  $M_s = 5,10 (\pm 0,3)$  y con una intensidad de  $I = 8$ . El terremoto ocurrió a la hora de almuerzo y se ha hecho sentir en un radio de 270km. Este seísmo duró 15s, y destruyó el pueblo de Cavaignac. El causó 8 fatalidades. Sobre 50 casas que existían en Cavaignac quedaron solamente 10 casas en pie pero inhabitables. Los edificios públicos, en general más resistentes, han conocido daños importantes en los muros exteriores, y una destrucción casi total en sus interiores. Se observó una aumentación del nivel de drenaje de los ríos (30cm) y de las fuentes de aguas.

- Mc-Mahon 16 de Marzo de 1924: 39

La magnitud del seísmo fue de  $M_s = 5,35$  y su intensidad de  $I = 8$ . El terremoto tuvo lugar en la región Sur Oeste de Batna, entre la montaña de Metlili (masivo de **Atlas**) y la montaña de Belezma, y se prolongó durante 8s provocando 4 fatalidades y destrozando muchas viviendas tradicionales y daños en edificios públicos. El epicentro del seísmo se situó en  $35,4^\circ N$  y  $5,8^\circ E$ . No se observó ninguna señal premonitoria ni tampoco ninguna licuefacción o deformación del suelo.

- Inkermann 24 de Agosto de 1928: 40

La magnitud del seísmo fue de  $M_s = 5,40 (\pm 0,22)$  con una intensidad de  $I = 8$ . Este seísmo tuvo la característica de ser precedido de dos sacudidas pequeñas. El terremoto tuvo lugar en el valle de Cheliff con una duración de 13s causando importantes daños, sobre todo el colapso de casas tradicionales y fisuras en los muros de edificios coloniales. Este terremoto causó 4 fatalidades. El terremoto se ha hecho sentir hasta 160 km a la redonda, en Mascara, Tiaret, Blida, Mostaghanem y Boghari. Un fenómeno provocado por este seísmo, fueron los chorros petrolíferos que afloraron en el lado derecho del río de Cheliff.

- Carnot 7 de Septiembre de 1934: 41

La magnitud del seísmo fue de  $M_s = 5,10 (\pm 0,20)$  y con una intensidad de  $I = 7$ . Este terremoto no ocasionó ninguna fatalidad pero causó destrucciones el pueblo de Carnot en el valle de Cheliff. El seísmo que se extendió durante 13s fue precedido de unas sacudidas débiles y seguido de otras sacudidas fuertes. Este evento fue grabado por 48 estaciones sísmicas. La onda del seísmo se hizo sentir hasta Argel (225Km) y Tiaret (130Km). Las destrucciones fueron ocasionadas principalmente sobre las construcciones de adobe. Las construcciones coloniales no sufrieron mucho, salvo de fisuras en los muros. Poco tiempo después el seísmo, en algunos lugares de Carnot el agua tenía un color blanco o un color de tierra. Se observó un cambio del nivel de las aguas subterráneas y algunos corrimientos de tierra y caídas de rocas en la montaña. También se constataron fisuras en el suelo del pueblo Carnot, y se ha notado a 500m del pueblo una fisura de 200m de largo y que en otras partes alcanzó hasta 2m de ancho y 1m75 de profundidad. Después de una nueva investigación sobre este seísmo se concluyó que muchos aspectos fueron exagerados.

- Guelma 10 de Febrero de 1937: 42

La magnitud del seísmo fue de  $M_s = 5,20 (\pm 0,22)$  y de una intensidad de  $I = 8$ . Provocó muchos daños incluso en pueblos periféricos causando la destrucción de viviendas tradicionales, de edificios coloniales, de fábricas y de edificios públicos. El seísmo fue seguido de múltiples sacudidas, de las cuales una de la misma intensidad que el sismo principal. Este terremoto causó 2 fatalidades, 16 heridos y dejó a 28 familias sin viviendas. Se pudo observar caídas de rocas y fisuras en el suelo en el pueblo de Khezara así que pequeños corrimientos de tierra, pero no hubo licuefacciones. El seísmo afectó el drenaje de las fuentes de agua calientes (Hammam Meskhoutine). constatándose igualmente una subida del nivel del agua y de la temperatura.

- Mansoura 16 de Abril de 1943: 43

La magnitud del seísmo fue de  $M_s = 5,30 (\pm 0,04)$  y tuvo una intensidad de  $I = 8$ . El seísmo ha causado 9 fatalidades y 11 heridos, dejando a 1000 personas sin domicilio. El seísmo fue destructivo, causó el colapso de viviendas tradicionales y daños en los edificios coloniales. El terremoto fue seguido de múltiples sacudidas hasta cinco meses

después del evento. Provocó también caídas de rocas en la montaña de Mansoura, y problemas en el drenaje de las fuentes de agua en Ouled Aicha disminuyó el nivel de muchas de sus fuentes y otras se secaron.

- Berhoum 12 de Febrero de 1946: 44

La magnitud del seísmo fue de  $M_s = 5,55 (\pm 0.17)$  con una intensidad de  $I = 8$ . El seísmo afectó las siguientes regiones: Maadid, Rirha, Barika, M'Sila. El terremoto causó 277 fatalidades y 118 heridos así que dejó a 7500 personas sin domicilios. El seísmo destrozó casi 1000 viviendas en 10 pueblos. La onda sísmica se hizo sentir ~~al redonde de~~ en una zona de alrededor 70 000 Km<sup>2</sup> limitada por el Norte a "Bougie", al Este a "Ain Mlila", al Sur por "Tolga" y al Oeste por "Boghari". El seísmo provocó múltiples caídas de rocas y corrimientos de tierra que bloquearon las vías de comunicaciones entre Setif y Magra y entre Colbert y Barika, en Soubella se cerró la vía 28 por corrimiento de tierra.

- Constantine 6 de Agosto de 1947: 45

La magnitud del seísmo fue de  $M_s = 5 (\pm 0.29)$  con una intensidad de  $I = 8$ . El evento fue antecedido de 2 sacudidas pequeñas. El seísmo duró entre 6s y 8s, y provocó 3 fatalidades así que la destrucción de viviendas tradicionales. La onda del seísmo se hizo sentir en el Norte hasta la costa, en el sur hasta Ain Fakroun, en el Este hasta Medjaz Amar y el oeste hasta Fedj M'Zala. Las estructuras modernas de esta época así que las construcciones de hormigón armado no sufrieron ninguno daño.

- Orleansville 9 de Septiembre de 1954.

- Beni Rached 5 de Junio de 1955: 46

La magnitud del seísmo fue de  $M_s = 5,10 (\pm 0.16)$  y con una intensidad de  $I = 8$ . El seísmo que pudo ser enregistrado por 98 estaciones sísmicas, destrozó algunas viviendas coloniales y tradicionales, y no causó ninguna fatalidad. Los daños más comunes fueron fisuras en muros y la amplificación de daños antiguos.

- Melouza 21 de Febrero de 1960: 47

La magnitud del seísmo fue de  $M_s = 5,00 (\pm 0.27)$  con una intensidad de  $I = 8$ . El seísmo causó 47 fatalidades, 129 heridos y dejó a 4900 personas sin domicilio. Provocó la destrucción de 600 viviendas tradicionales. Las sacudidas que siguieron el seísmo fueron muy fuertes. El costo total de las pérdidas materiales se estimó a 500 millones de franco francés. La sacudida principal y las que siguieron provocaron caídas de roca y corrimientos de tierra en el Norte de Melouza.

- M'Sila 1 de Enero de 1965: 48

La magnitud del seísmo fue de  $M_s = 5,45 (\pm 0.20)$  con una intensidad de  $I = 8$ . El seísmo ocurrió de noche y causó al menos 5 fatalidades y 25 heridos así que la destrucción de 3145 viviendas tradicionales lo que significó que alrededor de 25000 personas

quedaran sin domicilio. La fuerte lluvia que cayó antes y después del terremoto agravó el desastre.

- El Asnam 10 de Octubre 1980.

- Constantine 17 de Octubre de 1985: 49

La magnitud del seísmo fue de  $M_s = 5,70 (\pm 0,27)$  con una intensidad de  $I = 8$ . El seísmo destruyó todas las estructuras antiguas y provocó daños leves en los edificios nuevos. El terremoto causó 5 fatalidades y 300 heridos. El seísmo se registró en 474 estaciones y fue seguido de muchas sacudidas que provocaron mucho miedo en la población. La mayoría de las destrucciones se localizaron entre Constantine y El Khroub y Ben Yakoub. El seísmo provocó corrimientos de tierra pero no se notó ninguna licuefacción.

-Tipaza (Chenoua) 29 de Octubre 1989 (descripción del evento en la parte que concierne a la ciudad de Argel)

- Mascara 18 de Agosto de 1994: 50

La magnitud del seísmo fue de  $M_s = 5,9$  con una intensidad de  $I = 7$ . El seísmo ha provocado al menos 159 fatalidades y 289 heridos. Entre 8000 y 10000 personas perdieron sus casas y miles de viviendas colapsaron.

- Argel 4 de Septiembre de 1996:

La magnitud del seísmo fue de  $M_s = 5,7$  con una intensidad de  $I = 7$ . El seísmo se ha sentido hasta Dellys al Este, Menacer al Oeste, Berouaguia al Sur.

- Ain Timouchent 22 de Diciembre de 1999:

La magnitud del seísmo fue de  $M_s = 5,8$  con una intensidad de  $I = 7$ . El seísmo causó daños y destrucciones importantes en la región del epicentro así que las regiones de la periferia. El seísmo provocó 25 fatalidades y 25000 personas perdieron sus casas. El epicentro del seísmo tenía una profundidad de 4 Km y se sintió durante 5s.

- Beni Ouartilane 10 de Noviembre de 2000: 51

La magnitud del seísmo fue de  $M_s = 5,7$  con una intensidad de  $I = 7$ . El seísmo causó 2 fatalidades y 50 heridos destruyendo 3000 viviendas. El terremoto fue seguido de varias sacudidas durante muchos días. No se observó ninguna deformación del suelo pero si algunas fisuras. Las fallas de Tachaouaft y Kherrata constituyen una amenaza sísmica para la región de Babors.

- Argel (Boumerdes) 21 de Mayo de 2003.

## Les plus importants séismes d'Algérie de 1900 à 2003 Le Nord : zone de sismicité maximale



**Mapa de los seísmos más importantes en Argelia entre 1900 y 2003.**

Tenemos 13 importantes seísmos en la zona del Tell y 3 por las Altas mesetas

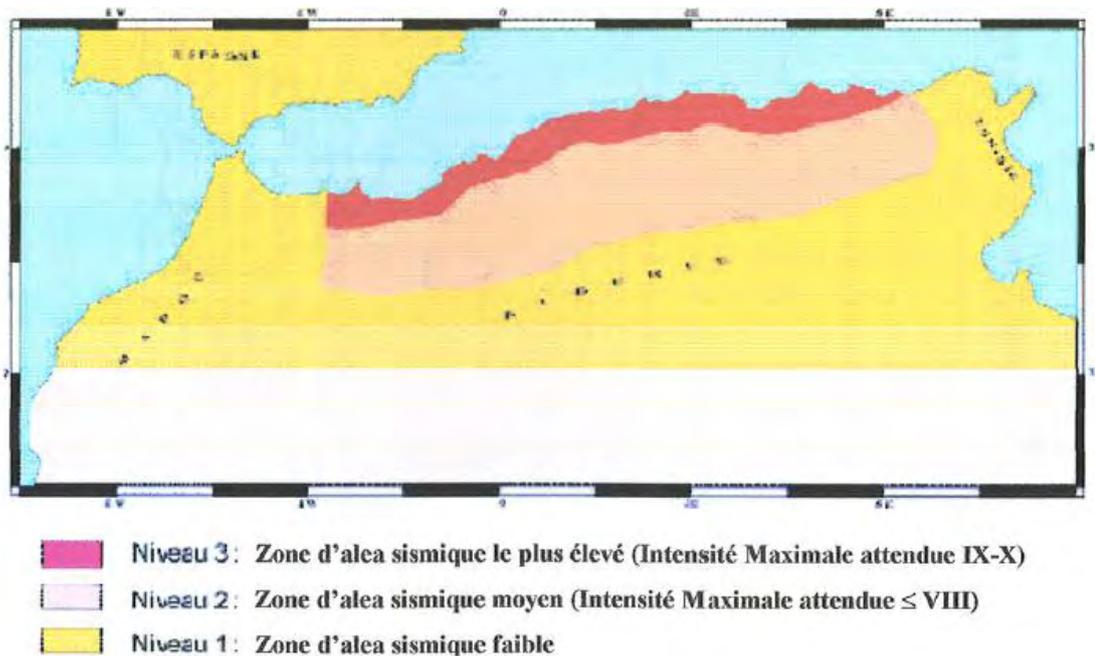
### 2.4 - Las características de la sismicidad en Argelia:

En el norte de Argelia se produce cada mes unas treinta (30) sacudidas pequeñas y cada dos (2) meses se produce un seísmo de magnitud  $M_s \geq 3,5$ . Podemos observar que la sismicidad en Argelia durante el último siglo es más intensa en la región Oeste que en las regiones del Centro y del Este del país. Gracias a la geodinámica y a los conceptos de la tectónica de las placas, sabemos que los seísmos en Argelia son debidos a la confrontación de la placa Africana y la Placa Euroasiática. Esta confrontación es de 0.4 hasta 0.6 mm /año, ella provoca la deformación del lado septentrional (bordure septentrionale) y meridiana de estas dos placas, que forman las cadenas del Atlas y Alpina. Estas deformaciones desarrollan fallas activas que liberan energía sísmica. En Argelia los seísmos son localizados en la parte del Tell y sobre todo en la costa, como en las ciudades de Oran, Argel, El Asnam, las que han conocido terremotos históricos. Los seísmos en el norte de Argelia son superficiales con una profundidad de 15 Km, lo que los hace perceptibles por la población y peligrosos.

El movimiento de las dos placas Africana y Euroasiática eran conocidos con una dirección linear Este- Oeste que describe la sismicidad desde el Arco de Gibraltar al Oeste hasta el arco del Calabro siciliano al Este, pero este movimiento es más complejo, y corresponde en realidad a una yuxtaposición de bloques continentales y oceánicos más o menos deformables y móviles.

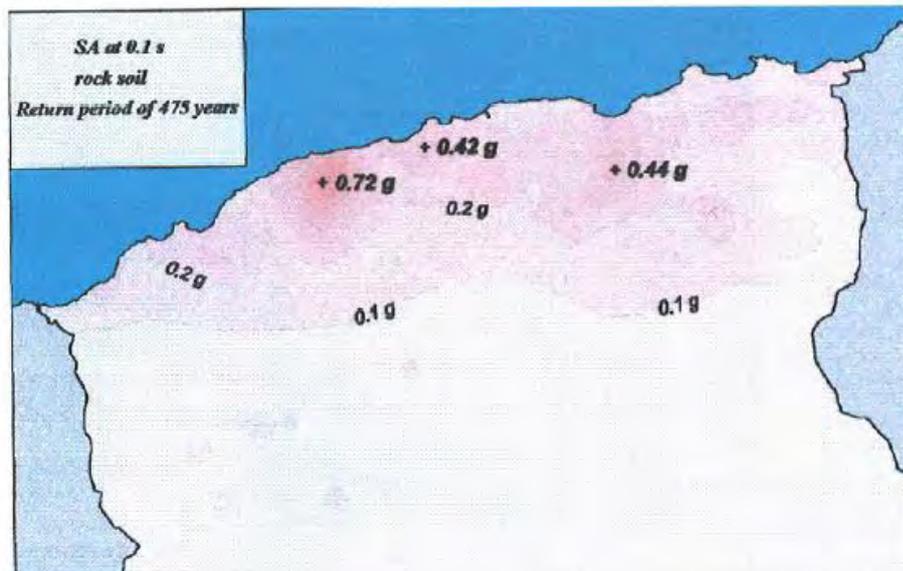
La sismicidad actualmente es más conocida que en el pasado, gracias a los recientes seísmos que han permitido descubrir nuevas fallas, cuyas existencias eran ignoradas, razón por la cual las investigaciones científicas sobre la localización de nuevas estructuras activas deben seguir. Es también importante de mantener y desarrollar los esfuerzos hecho en el tema de la observación de la actividad sísmica aumentando la densidad de la red y utilizando nuevas tecnologías de comunicación, y aumentando las investigaciones en el terreno (sismotectónica y paleo-sismología).

Para resumir la situación general de la sismicidad de Argelia podemos decir que, **la región de la costa así que de la región del Tell son clasificadas en Zona 3 de alta sismicidad, y la región de las altas mesetas y el Atlas Sahariano en zona 2 que tienen una sismicidad media, y por fin la región sahariana que tiene una sismicidad muy débil, clasificada en zona 1.** <sup>52</sup>

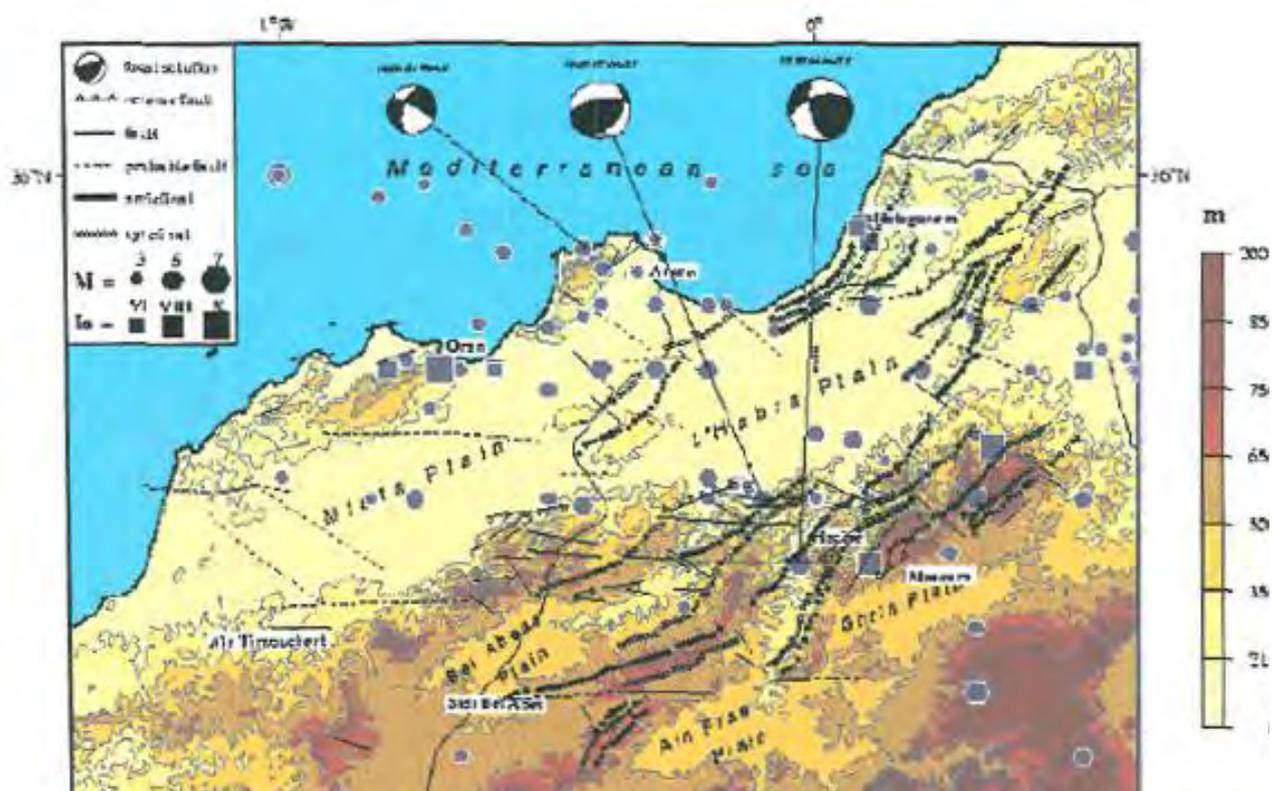


Mapa de la sismicidad en el Norte de Argelia:

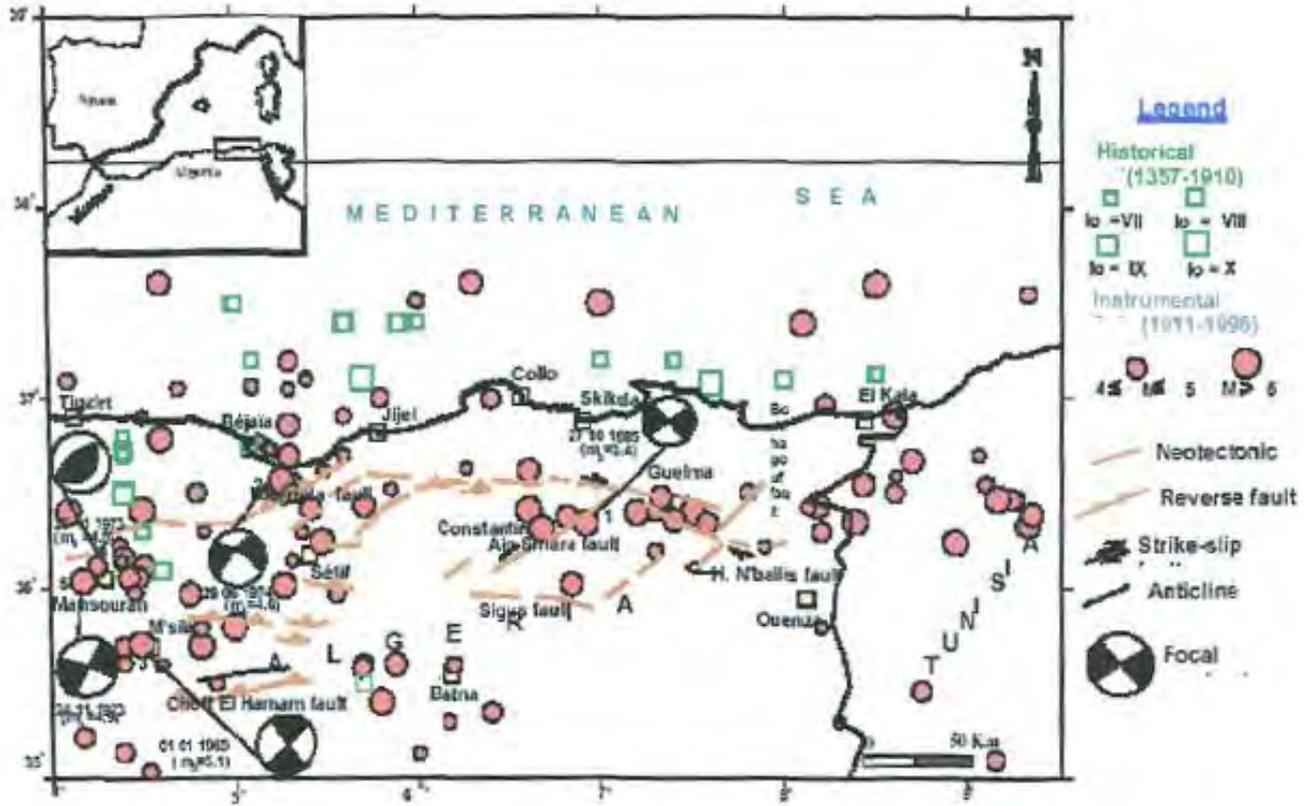
- Nivel 3 (rojo): Amenaza sísmica alta (intensidad evaluada a 9 o 10)
- Nivel 2 (Rosa) : Amenaza sísmica media ( Intensidad evaluada a máximo 8)
- Nivel 1 (amarillo): Amenaza sísmica débil



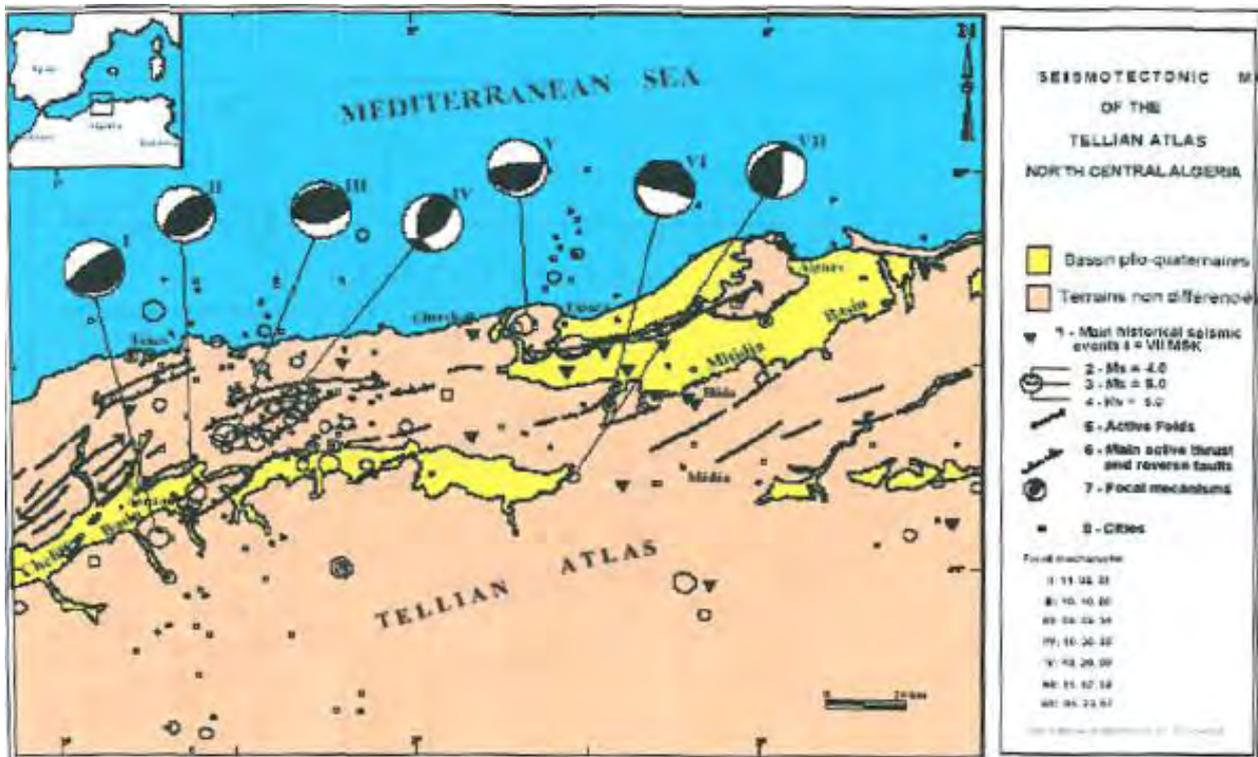
Mapa de las aceleraciones sísmicas conocidas en el Norte de Argelia (52)



Mapa de la amenaza sísmica en el Norte



Mapa de la amenaza sísmica en el Norte Este



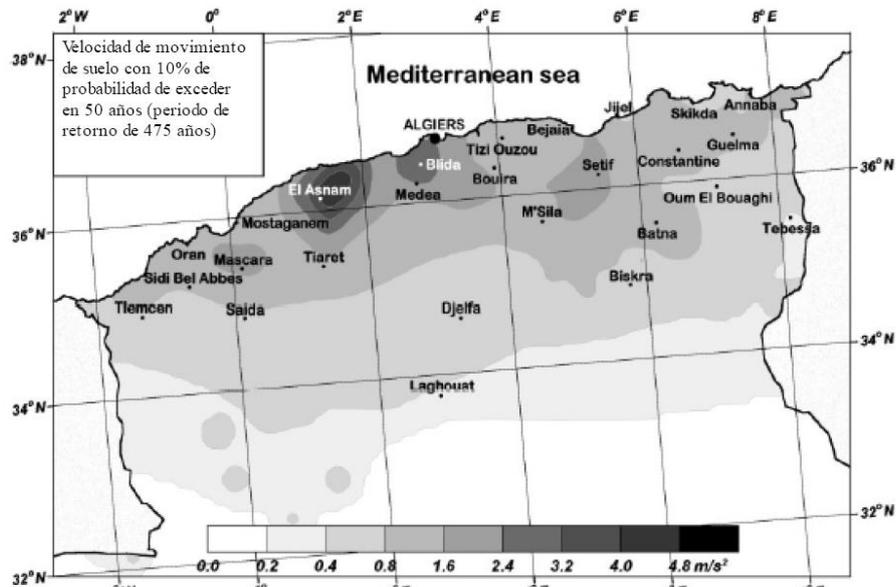
Mapa de la amenaza sísmica en el Norte

Según un artículo científico de los investigadores José Peláez Montilla, Mohamed Hamadache y Carlos López Casado sobre las altas velocidades de los movimientos de suelo, se ha podido llegar a nuevos resultados importantes con respecto a la sismicidad de Argelia. Uno de estos resultados concierne la velocidad de los movimientos del suelo con una probabilidad de 39.3% (100 años) y 10% (475 años) de exceder en 50 años.

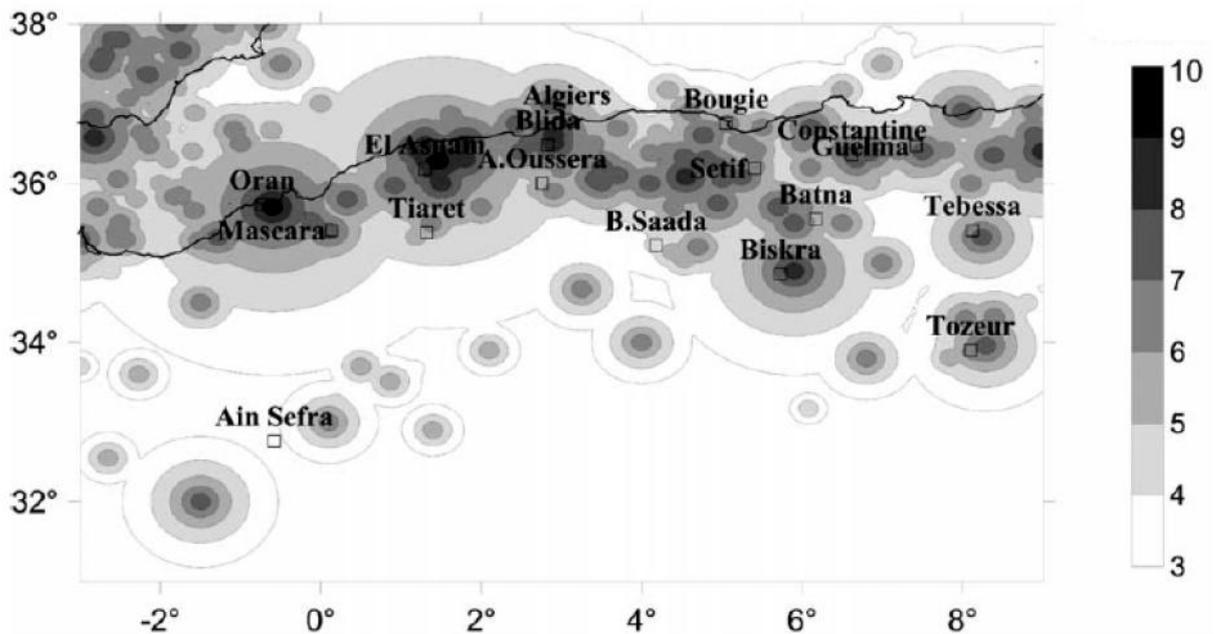
El siguiente cuadro muestra la situación para 12 ciudades del Norte de Argelia (Peak Ground Acceleration PGA) en dos casos : “lo que esperamos” y “lo peor”. También la amenaza sísmica en las ciudades más industrializadas con una demografía fuerte. 53

Ciudades	Velocidad de Movimiento de suelo (PGA) para 100 años de periodo de retorno		Velocidad de Movimiento de suelo (PGA) 475 años de periodo de retorno	
	Caso de lo que esperamos	Caso peor	Caso de lo que esperamos <i>Después el seísmo de Boumerdes</i>	Caso peor <i>Después el seísmo de Boumerdes</i>
<b>El Asnam</b>	<b>0.181</b>	<b>0.189</b>	<b>0.393</b> <b>0.418</b>	<b>0.460</b> <b>0.492</b>
Setif	0.102	0.120	0.223 <b>0.206</b>	0.247 <b>0.230</b>
Blida	0.118	0.134	0.219 <b>0.315</b>	0.255 <b>0.403</b>
Argel	0.087	0.109	0.164 <b>0.229</b>	0.197 <b>0.281</b>
Mascara	0.074	0.087	0.159 <b>0.184</b>	0.185 <b>0.238</b>
Oran	0.068	0.095	0.138 <b>0.148</b>	0.180 <b>0.183</b>
Constantine	0.062	0.085	0.137 <b>0.129</b>	0.191 <b>0.180</b>
Guelma	0.071	0.105	0.120 <b>0.111</b>	0.190 <b>0.171</b>
Batna	0.060	0.078	0.118 <b>0.112</b>	0.157 <b>0.149</b>
Bejaïa	0.071	0.087	0.117 <b>0.114</b>	0.144 <b>0.144</b>
Jijel	0.055	0.059	0.095	0.106
Ain Timouchent	0.049	0.063	0.094 <b>0.105</b>	0.114 <b>0.146</b>

La velocidad de movimiento de suelo más alta en el Norte del País está en la ciudad de “El Asnam” con un valor de 0.181g por un período de retorno de 100 años y 0.393g por un período de retorno de 475 años, los dos en el caso menos grave. En el caso peor, la velocidad de movimiento de suelo puede llegar hasta 0.189g por un período de retorno de 100 años y 0.460g por un período de retorno de 475 años 54 Después el seísmo del 21 de Mayo 2003, en Boumerdes, Argel, los datos de la velocidad de movimiento de suelo por un período de retorno de 475 años, han conocido una subida de 40% en las regiones del centro del Atlas del Tell. Los nuevos valores están puestos en el tablero en rojo. 55



Mapa de la velocidad de movimiento de suelo con una probabilidad de 10% de exceder en 50 años (periodo de retorno de 475 años) (55)



Mapa de la Intensidad Máxima calculada (MCI) (56)

Del otro lado, tenemos el mapa de intensidad máxima calculada (MCI), creado sobre la base del catálogo de la sismicidad entre 1716 hasta 2000 y con la ley de atenuación para Argelia. Este nuevo acercamiento es ventajoso para el estudio de los mapas de riesgos porque toma en cuenta todos los eventos sísmicos del pasado en la región del Norte de Argelia, sin embargo, el resultado depende mucho de la fiabilidad de las informaciones y los datos del catálogo. 56

El mapa de intensidad desarrolla tres tendencias: <sup>(56)</sup>

- La primera coincide con el Atlas del Tell que va del Oeste “Oran” hasta el Este “Guelma”.
- La segunda, se sitúa en los alrededores de Argel y Blida y se acaba en Biskra.
- La tercera, toma la forma flexible del Atlas, que va desde Ain El Sefra hasta Tozeur in Túnez.

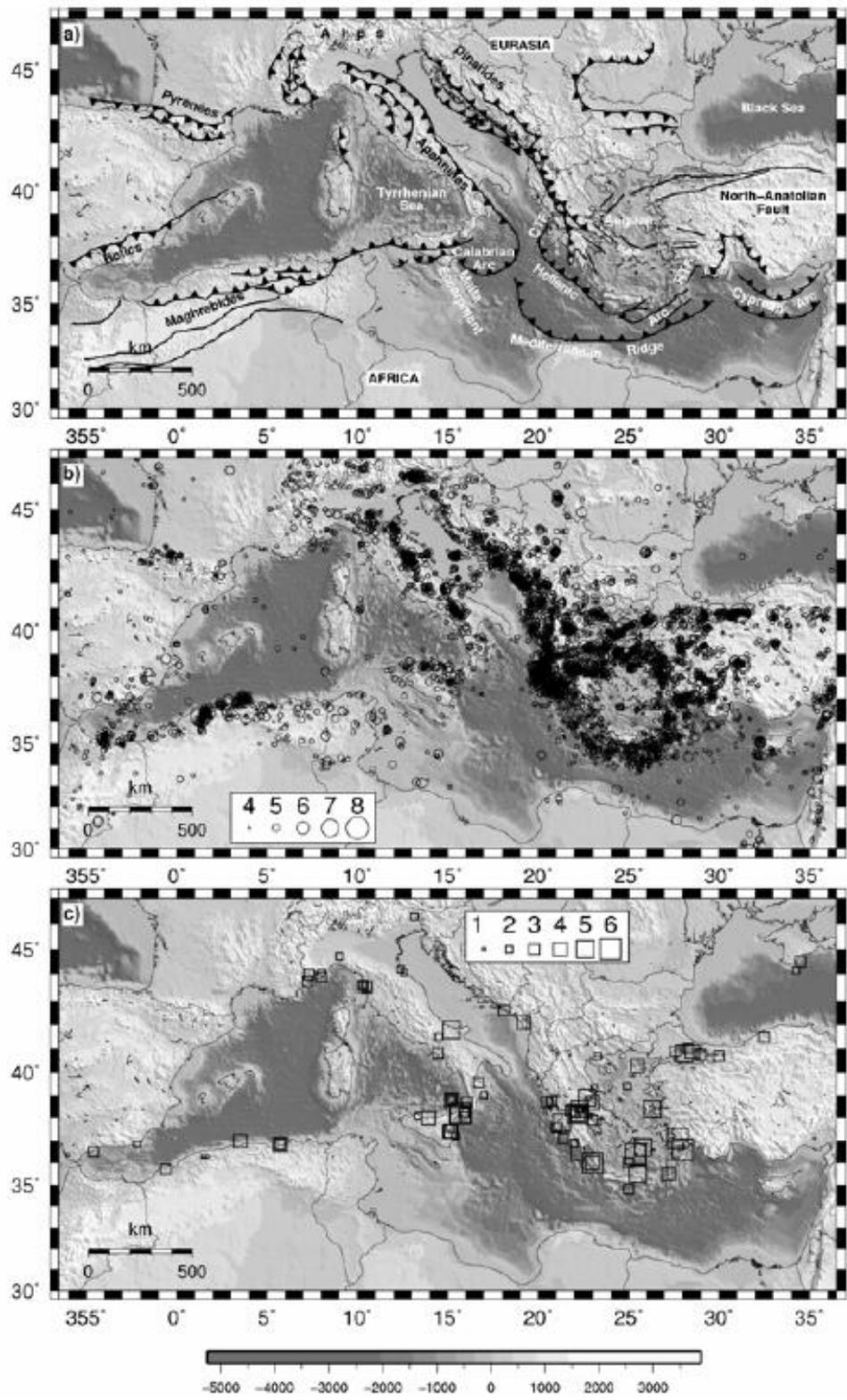
A partir de este mapa, la intensidad máxima se encuentra en “El Asnam” con  $I=10$  (10/10/1980) y “Oran” con  $I=10$  (09/10/1790), después tenemos Argel con una intensidad de  $I=9$  (03/02/1716), Biskra con  $I=9$  (16/11/1869) y Constantine con  $I=8$  (27/10/1985). <sup>(56)</sup>

## 2.5 - El riesgo de un Tsunami en el Norte de Argelia:

La catástrofe del 26 de Diciembre 2004 en Sumatra debida a un tsunami gigante producido por un seísmo submarino en el océano indiano, nos ha demostrado que tenemos un conocimiento insuficiente sobre el fenómeno y que la única alternativa, para evitar la catástrofe, es el establecimiento de una red de control densa para alertar a las ciudades en riesgo permitiendo así su evacuación. Sabemos, a partir de los catálogos, que en el mar Mediterráneo han ocurrido muchos tsunamis en el pasado provocando muchos de ellos catástrofes. Estos catálogos que en general no son complejos, nos muestran que los tsunamis del Mediterráneo son debidos a seísmos, corrimientos de tierra, caída de rocas, y a la actividad volcánica.

Actualmente no existe una localización precisa de las fuentes de tsunami (Tsunamigenic), porque este fenómeno no es relacionado directamente con puntos o líneas fijas y también porque **no hay datos suficientes sobre las fallas submarinas y los corrimientos de tierra submarinos**. Pensamos que **la región del Mediterráneo debe construir una estrategia de lucha contra las catástrofes debidas a los tsunamis**. <sup>57</sup>

En el mar Mediterráneo la historia de los tsunamis y sus localizaciones tienen directa relación con la sismología en la región. Los mapas siguientes muestran los eventos de los tsunamis listados en el catálogo europeo de los tsunamis hecho por Tinti (2001) y que es una nueva versión del catálogo de tsunamis de la Unión Europea “GITEC” (Genesis and Impact of Tsunami on the European Coasts) y de la GITEC-TWO (Genesis and Impact of Tsunami on the European Coasts- Tsunami Warning and Observation). Este catálogo empieza desde el año 6000 AJ hasta el año 2003 DJ, y ha adicionado los dos recientes tsunamis, el de la isla Stromboli del 30 de Diciembre 2002 y el tsunami de Argel del 21 de Mayo 2003. <sup>56</sup>



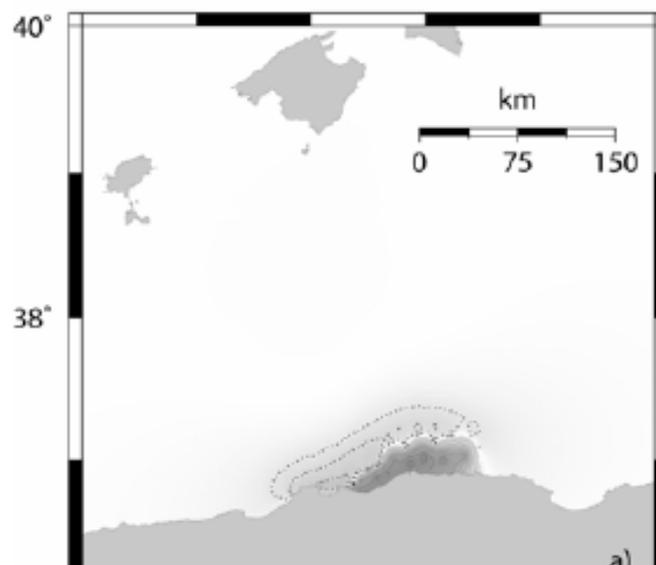
Vista geográfica de la actividad sísmica y de los tsunamis importantes en la cuenca del Mediterráneo así que de las fallas importantes.

Una investigación de la Universidad de Boloña, Italia (departamento de física) sobre la posibilidad de un tsunami gigante de origen tectónico en el mar Mediterráneo, da a conocer algunos escenarios, uno de ellos es un seísmo en la costa Argelina. La simulación se ha inspirado del seísmo de Boumerdes del 21 de Mayo de 2003, que generó un tsunami observado en la costa Argelina con recogimiento de algunos metros del mar y que se manifestó en la costa española con una ola de 2 m. El mismo Tsunami se ha registrado en Nice (Francia) y Genova (Italia). La simulación de este estudio se basó en el uso de tres segmentos estructurales de una falla con las características siguientes: 58

	West Segment	Central Segment	East Segment
Length (Km)	40	64	40
Width (Km)	32	32	32
Strike (Grades)	84	54	94
Dip (Grades)	47	47	47
Rake (Grades)	88	88	88
Slip (m)	2	2	2
Depth (m)	1000	1000	1000

Con una magnitud de  $M_w = 7.6$  y el momento sísmico  $M_0 = 2.8 \times 10^9 \text{ N.m}$  ( $a = 20$ ).

En este caso, la falla no está completamente dentro el mar, entonces no es todo el movimiento sísmico que va a desarrollar una energía dentro el mar. Según este estudio, un lado del mar Mediterráneo aumentará su nivel en 1m25 y en el lado opuesto se retractará de 0.31 m. 58



Impacto de un seísmo fuerte en la ciudad de Argel que provoca un tsunami 58

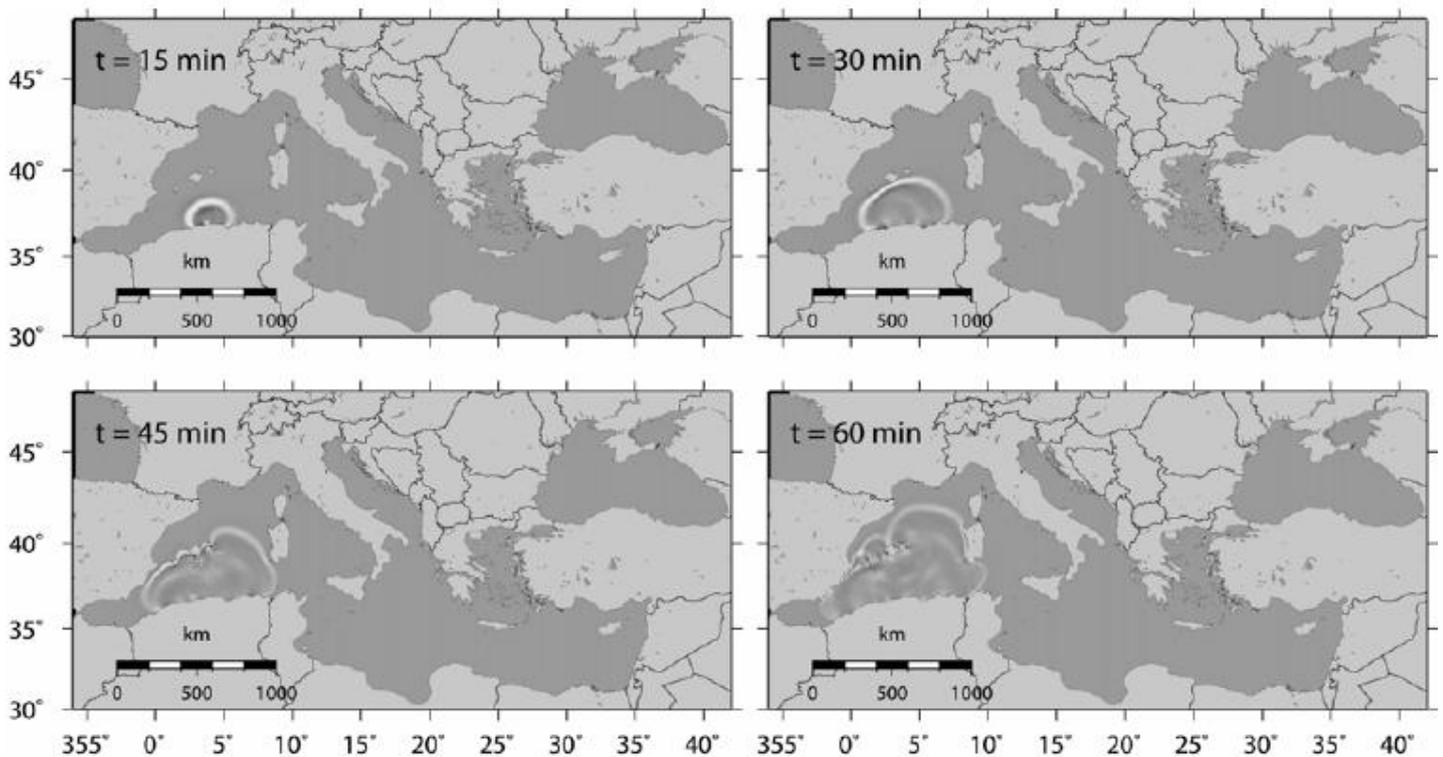
Los cuatro mapas muestran la evolución y la propagación del tsunami provocado por el seísmo. Miramos que: <sup>58</sup>

Después de 15 minutos, el tsunami se ha propagado en una gran proporción de la costa Argelina.

Después de 30 minutos el tsunami ha atacado las Islas Baleares.

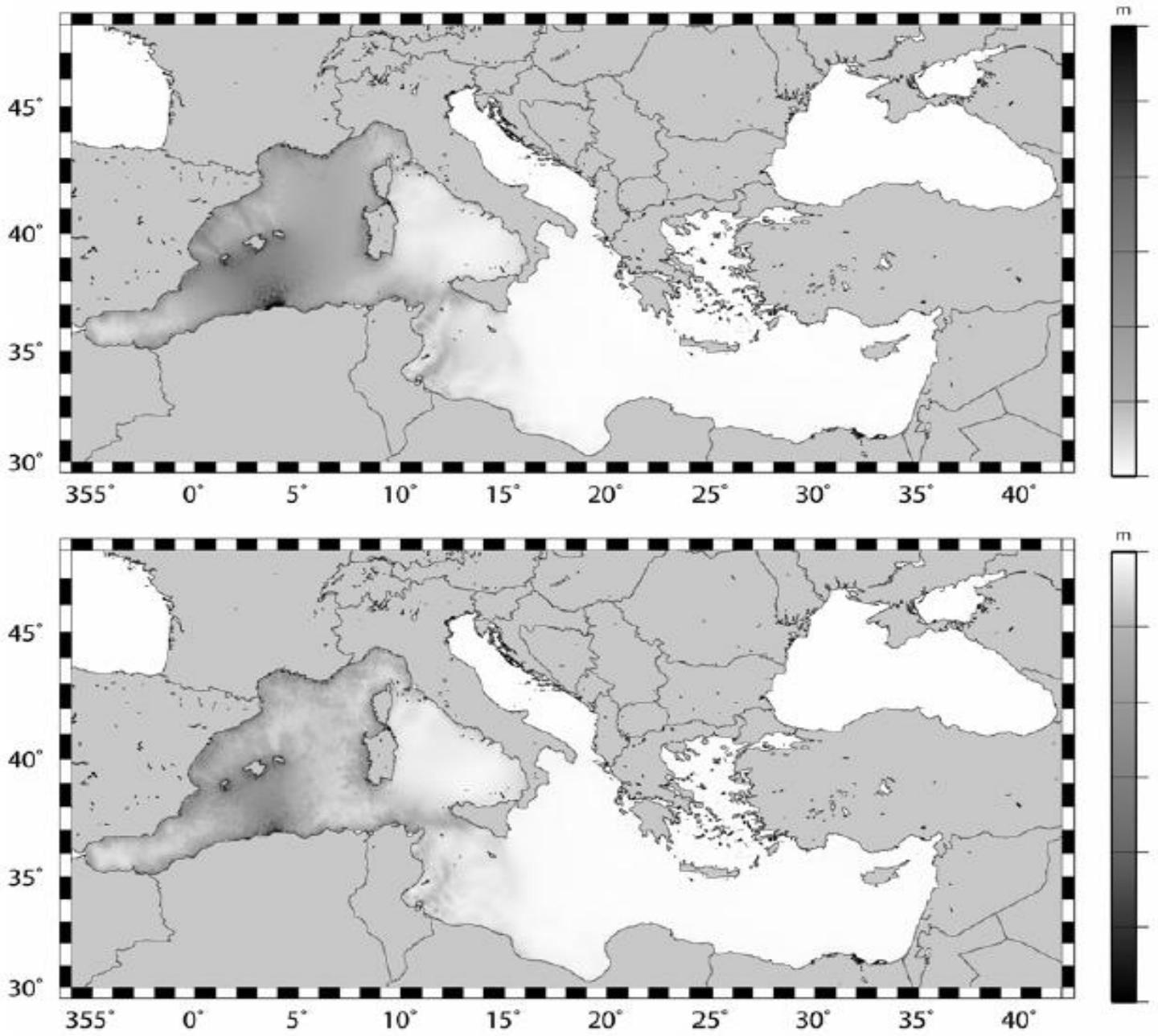
Después 45 minutos el tsunami llega a España (Costa Blanca), a Cerdeña y a toda la costa Argelina.

Después de 60 minutos, el tsunami ataca toda la costa Este de España y llega a Marruecos, Túnez y Francia (Cote d'Azur).



Impacto del tsunami en el mar del Mediterráneo y las costas Europeas provocado por un seísmo fuerte en la ciudad de Argel <sup>59</sup>

Los dos mapas muestran el máximo positivo y negativo de un tsunami en el mar Mediterráneo provocado por un seísmo en la costa Argelina. La simulación de esta investigación no permite saber la elevación exacta que alcanzaría el nivel del mar en el caso de un máximo positivo del tsunami, pero el estudio precisa que la altura puesta en esta simulación es muy baja. <sup>59</sup>



El máximo positivo (arriba) y negativo (abajo) de tsunami en el mar Mediterráneo provocado por un sismo en la costa Argelina 59

### 3- Análisis del riesgo sísmico en la ciudad de Argel:

#### 3.1- La historia sísmica de la ciudad de Argel:

Como hemos visto la historia sísmica de Argelia es conocida desde hace tres siglos solamente, y las catástrofes ocasionadas por sacudidas fuertes son numerosas, algunos de esos seísmos en la ciudad de Argel son los de 1716, 1954, 1980, 1989, 2003.

En 1996, el CRAAG estableció un tablero que describe los seísmos que se han ocurrido en la ciudad de Argel entre 1365 y 1996: 60

Fecha	Hora	Latitud	Longitud	Magnitud	Intensidad	ubicación
1365.01.02	19h00					Argel
1673.03.10	21h00				8	Argel
1716.02.03	09h00				9	Argel
1716.05.00	00h00				8	Argel
1717.08.05	23h30				7	Argel
1722.11.29	03h00				7	Argel
1807.11.13	17h00				7	NE Mitidja
1854.05.15	15h00				7	Argel
29.10.1909	17h48	36.420	3.060		5	Argel
1911.03.05	10h21	36.360	3.060		3	Bouzareah
1911.03.20	18h12	36.360	3.060		3	Bouzareah
1912.02.19	17h38.26	36.480	3.000		4	Bouzareah
1918.07.15	11h53.26	36.460	3.030		3	Ain Benian
1919.09.13	11h37.22	36.420	3.060		4	Argel
1920.12.09	20h12.02	36.420	3.060		4	Argel
1920.12.16	00h16.56	36.420	3.060		4	Argel
1920.12.16	17h08.04	36.420	3.060		3	Argel
1921.02.13	08h25.20	36.420	3.030		5	Argel
1923.11.27	19h50.20	36.440	3.080		4	Argel
1924.11.08	16h07.23	36.420	3.060		4	Argel
1924.11.05	18h54.34	36.360	3.000	4.8	8	Ben Chaaban
1924.11.05	23h18.34	36h360	2.540		7	Ben Chaaban

1924.11.06	17h58.12	36.390	2.540	4.2	7	Ben Chaabane
1924.11.06	22h59.58	36.390	2.540		6	Ben Chaabane
1924.11.07	05h48.15	36.360	2.540		3	Ben Chaabane
1924.11.07	13h05.49	36.360	2.540		3	Ben chaabane
1924.11.08	22h36	36.390	2.540		4	Ben Chaabane
1924.11.09	01h04.19	36.390	2.540		4	Ben Chaabane
1925.05.05	05h59.19	36.460	3.030		3	Argel
1928.06.02	08h30.23	36.420	2.540		7	Staouali
1940.05.28	10h15.36	36.480	3.018	5	3	Argel
1942.06.30	21h44.54	36.420	3.060		5	Argel
1942.06.30	22h09.87	36.420	3.060		3	Argel
1947.03.25	22h45.28	36.480	3.020		4	Argel
1949.12.22	21h09.58	36.480	3.000		4	Argel
1952.02.07	21h30.46	36.500	3.000		2	Argel
1954.04.13	10h47.59	36.460	3.000		2	Argel
1954.12.27	14h54.55	36.300	3.000		4	Argel
1955.01.07	13h25.28	36.400	3.000		2	Argel
1961.01.28	14h59.12	36.800	3.100	4.1		Cuenca de Argel
1966.01.02	10h00.48	36.300	3.000	3.9	3	Sur de Argel
1968.11.07	05h57.45	36.300	3.000	3.2	4	Bir Touta
1968.12.23	02h56.28	36.450	3.150		4	Rouiba
1975.07.20	10h49.53	36.282	3.000	4.7		Boufarik
1982.02.09	00h15.49	37.000	2.390	3.0		Mediterráneo
1983.12.07	21h52.15	36.944	2.878	3.2		Mediterráneo
1986.01.19	20h11.13	36.430	2.710	3.8		Este de Boufarik
1986.12.19	23h41.15	36.747	3.333	3.7		Reghaia
1989.10.29	19h09.12	36.780	2.445	6	8	Mediterráneo
1989.10.29	19h21.52	36.740	2.440	5.5	7	Mediterráneo
1989.10.31	04h13.35	36.820	2.450	3.7		Mediterráneo
1989.10.31	04h33.26	36.730	2.510	3.5		Mediterráneo
1989.10.31	21h26.23	36.830	2.480	3.8		Mediterráneo
1989.11.01	11h32.28	36.530	2.480	3.8	6	Mediterráneo

1989.11.04	20h08.05	36.720	2.370	4.1		Mediterráneo
1989.11.05	11h38.18	36.740	2.390	4.5		Mediterráneo
1990.02.05	07.17.44	36.740	2.530	4		Mediterráneo
1990.02.09	09h31.47	36.770	2.470	4.7		Mediterráneo
1990.02.09	11h16.54	36.690	2.500	3.6		Mediterráneo
1990.02.09	11h19.56	36.640	2.580	3.7		Bou Ismail
1990.02.09	13h09.53	36.810	2.470	3.8		Mediterráneo
1990.02.09	13h19.30	36.870	2.500	3.7		Mediterráneo
1990.02.17	15h23.20	36.730	2.520	4.1		Mediterráneo
1990.02.18	16h23.13	36.900	2.520	3.0		Mediterráneo
1990.04.12	22h47.52	36.760	2.490	4.1		Mediterráneo
1990.04.13	00h19.07	37.000	2.550	3.4		Mediterráneo
1990.08.09	18h26.46	36.760	2.420	3.6		Mediterráneo
1991.02.04	23h58.44	36.560	3.210	3.6		Arbaa
1993.02.12	15h39.26	36.740	2.470	3.7		Mediterráneo
1996.09.04	05.15	37.000	2930	5.7		Ain Benian

El tablero nos muestra claramente que la ciudad de Argel es una zona sísmica donde puede ocurrir seísmos fuertes con una magnitud que puede llegar hasta  $M_s = 6$ . Sin embargo, el seísmo de Boumerdes del 21 de Mayo de 2001 llegó a una magnitud de  $M_s = 6,8$ . También, observamos que el autor del tablero no considera la región de El Asnam como parte de la región de Argel. En nuestra investigación, nosotros consideramos que El Asnam (Orleansville) y Zemmouri (Boumerdes) son zonas sísmicas importantes que forman parte de la sismicidad de la ciudad de Argel.

Para mejorar nuestros conocimientos sobre la historia sísmica de la ciudad de Argel vamos a estudiar algunos eventos sísmicos importantes que son los siguientes:

### **3.1.1- Estudio del seísmo de Argel 1716:**

El 3 de Febrero de 1716 a las 9h45 de la mañana ocurrió un seísmo importante en la ciudad de Argel, con una magnitud desconocida pero con una intensidad de 9. El seísmo destrozó 200 viviendas y daño muchas otras. En las cúpulas de la gran mezquita de Argel así que en la mezquita de “Sha Ban” se observaron fisuras. El seísmo dañó otras obras como Dar Aziza, Dar El Hamra, Dar El Soltan. También hubo deformaciones importantes y fisuras grandes en el suelo así que licuefacciones. Unas de las consecuencias de este seísmo fue un gran incendio que agravó la situación. Las

sacudidas siguieron hasta junio 1716, lo que provocó un desplazamiento de la población hacia las afueras de la ciudad durante un período de 9 meses. El seísmo ocasionó 20000 fatalidades. 61

El tablero siguiente y el mapa muestran el nombre de viviendas destrozadas durante este seísmo en las diferentes zonas de la ciudad de Argel: 58

zona	daños	Daños moderados fisuras en los muros	Daños importantes colapso del forjado	Daños muy importantes	Destrucción total	Total de las viviendas destrozadas
Zona 1		3	4	-----	3	10
Zona 2		21	10	4	4	39
Zona 3		16	2	1	-----	19
Zona 4		-----	1	-----	1	2
Zona 5		3	2	3	-----	8
Zona 6		25	5	7	-----	37
Total		76	24	15	8	-----
Viviendas no localizadas		86	13	9	7	<b>240</b>

### 3.1.2- Estudio del seísmo de Orléansville (Asnam) 1954: 62

El seísmo de Orléansville de 1954 tenía una magnitud de  $M_s = 6.7$  y una intensidad de  $I=10$ . El seísmo duró 12 s y destruyó más de 33000 edificios ocasionando al menos 1409 fatalidades, 5000 heridos y dejando a 50 000 personas sin viviendas. La zona afectada va de Orléansville hasta Tenes (más o menos 40 km) y hasta Meliana en el Este (80 km). El seísmo ocurrió sin sacudidas previas pero fue seguido de sacudidas múltiples, algunas muy fuertes. El seísmo fue tan fuerte que se sintió hasta Frenada en el Sur y Tizi Ouzou en el Este así que en Oran en el Oeste y en el Norte hasta Granada y Alicante, en España. Este seísmo dañó el 90% de las viviendas en Orléansville así que casi 1/3 de ellas colapsadas. El 50% de las viviendas no se podían reparar. En el centro de la capital (Argel) el seísmo provocó reacciones de pánico y de miedo pero no hubo daños en los edificios. Sin embargo, en Orléansville se observó deformaciones de suelo muy espectaculares como por ejemplo fisuras de casi 20 km de longitud, así que desplazamientos verticales del suelo de 2.5m, sin olvidar fenómenos como las caídas de rocas y corrimientos de tierra. En las zonas de Marabout Sidi El Djilali y el pueblo de Sidi Rached se observaron licuefacciones. Algunas fuentes de agua se han secado y otras cambiaron su curso original. La red hidráulica, fue afectada por distorsiones y los cables de telecomunicación submarinos sufrieron daños considerables (rupturas).

### **3.1.3- Estudio del seísmo de Orléansville (Asnam) 1980: 63**

El seísmo de “El Asnam” ha sido el más fuerte que la región de Argel ha conocido durante los tres siglos pasados, la magnitud del seísmo fue de  $M_s = 7.45 (\pm 0.33)$  y con una intensidad de  $I = 10$ . El seísmo fue seguido de múltiples sacudidas durante meses, algunas fuertes las cuales amplificaron los daños. El seísmo causó 3000 fatalidades y al menos 8500 heridos, 400000 personas perdieron sus viviendas, 25 000 viviendas fueron destruidas y 40 000 otras dañadas, sin olvidar que muchos edificios públicos, empresas, fábricas, redes de comunicaciones y obras hidráulicas sufrieron importantes destrozos. El seísmo afectó de manera seria la economía y el desarrollo del país, las pérdidas en dólares se estimaron a más o menos 5 billones de USD. El seísmo afectó a regiones cercanas a El Asnam como Sendjas, Zeboudja, El Abadia, Oued Fodda, Beni Rached, El Attaf, Oum Drou. El provocó importantes deformaciones del suelo, siendo el primero seísmo que produjo una ruptura larga en el Oeste del mediterráneo. Se constató también una sobre elevación del suelo y de depresión creando lagos, El curso original de las fuentes y los ríos (Oued Chellif, Oued Fodda) fue modificado. Se constató también fenómenos como, caída de rocas, corrimientos de tierra, fisuras.

### **3.1.4- Estudio del seísmo de Chenoua 1989: 64**

El seísmo tuvo una magnitud de  $M_s = 5.70 (\pm 0.29)$  y una intensidad de  $I = 8$ . El provocó 35 fatalidades y 700 heridos así que dejó a más o menos 50 000 personas sin domicilio. Bajo el efecto del seísmo se destrozaron casi 7500 viviendas. Los daños más importantes observados fueron el colapso de viviendas antiguas y de algunas nuevas así que fisuras en los muros y los forjados, estos daños se constataron en las regiones de Nador, Sidi Moussa, Sidi Mhamed, Chenoua Mount, Menaceur, Barouka, Sidi Amar, Tipaza, Cherchell. En la capital Argel (60 km) el seísmo destruyó 6 viviendas en la Casbah, y agravó los daños que existían ya en los barrios antiguos como La Haute y Base Casbah, Bab El Oued, Belcourt, Kouba, Badjarah, El Hamma, El Harrach. El seísmo se hizo sentir en el Este hasta Azefoun, en el Sur hasta Ain Oussera y Tiaret, en Oeste hasta Ammi Moussa, y en el Norte hasta las Islas Baleares (360 km). El seísmo se ha ocurrido con un máximo movimiento de suelo horizontal igual a  $0.28g$  y un movimiento de suelo vertical de  $0.14g$  a Cherchell (12 Km). El suelo conoció deformaciones y fisuras así que fenómenos de caída de rocas y corrimientos de tierra. En el lado Sur de la montaña de Chenoua se observaron fisuras en el suelo sobre una distancia de 4 Km con una tendencia Este Oeste. La distancia más larga de la superficie de ruptura fue de 150m en la región del Sidi M’Hamed. La caída de rocas bloqueó la vía de comunicación entre Tipaza y Chenoua. Durante este seísmo no se observó ningún efecto de licuefacción.

## 3.2 - Análisis de la sismicidad en la ciudad de Argel:

### 3.2.1- La geología de la región de Argel:

La región del macizo de Argel pertenece a la zona interna de la cadena interna de los maghribides, se trata de un segmento orogénico de la rama dinámica de las cadenas alpinas perimediterráneas. Esta cadena de los maghrebides está constituida de zonas internas y externas y de flysch.

La región de Argel está constituida de tres categorías de formaciones geológicas dependiendo de la edad: <sup>65</sup>

- Las formaciones antiguas o primeras que forman los relieves del monte de Bouzareah se componen de esquisto y gneis.
- Las formaciones post neógenas en la parte Sur- Oeste de Argel como los barrios del El biar, Hydra, en los que las facies molásica y margosas predominan.
- Las formaciones recientes de edad cuaternarias que están desarrolladas principalmente en el Este de Argel.

La falla principal de la región separa las formaciones primeras del monte Bouzareah y las formaciones post neógenas (Astien, Plaisancien). Esta falla puede ser activa por el contraste geomorfológico que reside en sus dos lados así que por la presencia de rocas cuaternarias en el cumbre de Bouzareah. Observamos también dos otras líneas de fallas, la primera al largo de Oued El Harrache y la segunda con la dirección Norte, Este-Sur y Oeste que cruza el barrio del Harrache. Estas líneas no son activas. <sup>66</sup>

La estructura general de la región de Argel es una sucesión de anticlinales y sinclinales, se compone además de fallas con una orientación general Este- Oeste, que son debidas a los movimientos tectónicos de la región. La observación de imágenes satélites y fotografías aéreas permite verificar la existencia de muchas líneas, algunas son fallas que pueden ser activas. De un otro lado, existe una relación muy importante entre la geología de Argel y la neotectónica de la región, por ejemplo observamos una terraza marina a lo largo del litoral (Tipaza, Ain Tagourat, Reghaia y otras) provocado por movimientos verticales durante el periodo cuaternario. Sin olvidar también la existencia de fallas segmentadas de dirección Este-Oeste a lo largo de la Metidja en el Norte así que en el Sur, en el Sur se observa además mineralizaciones y subidas de agua termominerales relacionadas con el volcanismo. <sup>67</sup>

### 3.2.2- Las fallas sísmicas activas en la región de Argel:

Se conocen cinco (5) fallas sísmicas activas que han generado o pueden generar seísmos de una magnitud importante: <sup>68</sup>

**La falla del Mediterráneo:** la falla del Mediterráneo tiene una influencia regional y es caracterizada por una importante profundidad. Esta falla se ubica entre la cuenca marina del mediterráneo y el bloque continental al Sur. La falla está clasificada como activa gracias a metodologías indirectas “geofísicas”. Según el informe del CGS que se llama “Synthèse géologique et géotechnique de la région d’Alger, Ministère de l’Habitat et de l’Urbanisme” La magnitud que puede ser generada por ella es de  $M_s = 7$ .

**La falla de Bouzareah:** la falla de Bouzareah tiene una dirección Este – Oeste, y separa el masivo antiguo de Bouzareah de las formaciones neógenas. Esta falla está ubicada en una zona urbanística y es morfológicamente visible en relieve sobre una distancia de 20km. La falla de Bouzareah puede generar una magnitud de  $M_s = 6,5$  Según el informe del CGS que lleva por título “Synthèse géologique et géotechnique de la région d’Alger, Ministère de l’Habitat et de l’Urbanisme”.

**La falla del Sahel:** la falla del Sahel tiene una longitud de 90 Km, y constituye el límite entre la morfoestructura del Sahel y la morfoestructura de la subsidencia de la cuenca de la Metidja.

**La falla del Harrache:** la falla del Harrache tiene una longitud de 30 km y puede generar una magnitud de  $M_s = 6$  Según el informe del CGS, “Synthèse géologique et géotechnique de la région d’Alger, Ministère de l’Habitat et de l’Urbanisme”.

**La falla de Douéra:** la falla de Douéra tiene una longitud de 70 km y puede generar una magnitud de  $M_s = 7$ . <sup>69</sup>

### 3.2.3- Las inestabilidades del suelo en la región de Argel debidas a la actividad sísmica:

#### 3.2.3.1- Corrimientos de tierra:

La región de Argel ha conocido durante el seísmo de Chenoua (Tipaza) del 29 de octubre 1989 una multitud de corrimientos de tierra que son: <sup>70</sup>

- El corrimiento del acantilado de Saint Raphaël debido sea a la cavidad de la base de la molasa, o sea a la descompresión de la marga subyacente.
- Los corrimientos de tierra de Clima de France, de Ben Aknoun, del Achour son debidos a la sucesión de margas molasa y plaisancienne astienne. <sup>71</sup>

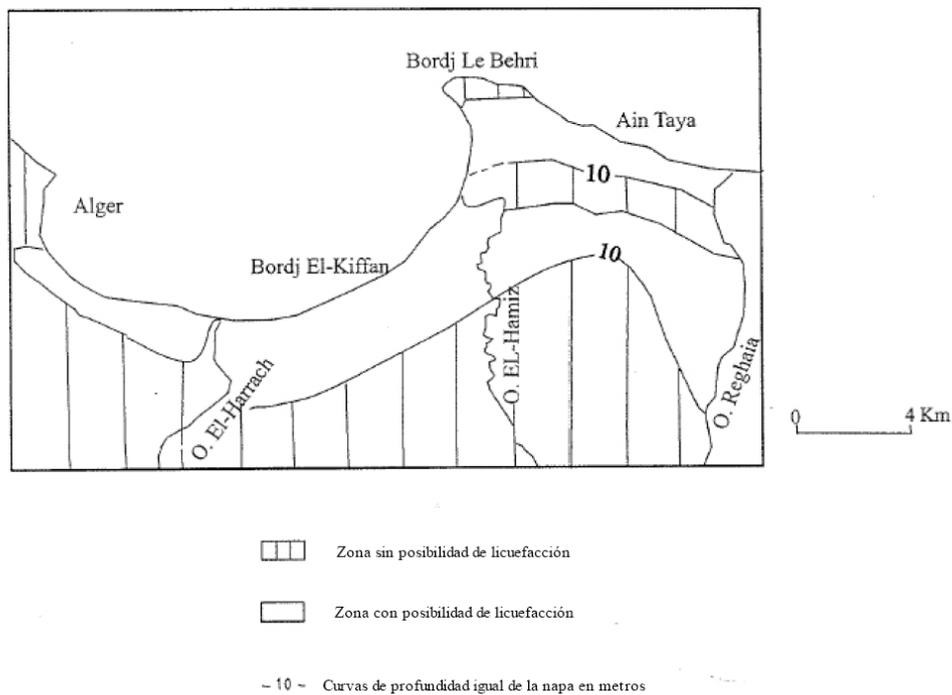
### 3.2.3.2- licuefacción:

En Argel observamos unas regiones donde no existe el riesgo de licuefacción, ellas son las regiones representadas por las rocas cristalofilianas del masivo de Argel (Bouzareah y Bordj El Bahri) así que la meseta molasico. Por otro lado, tenemos regiones donde puede ocurrir licuefacciones, ellas son la zona de almacén astien y la zona de almacén cuaternario que están separadas por una capa semipermeable de marga jóvenes Villafranquiense. Las regiones afectadas son Hussein Dey y Belouizdad. 71

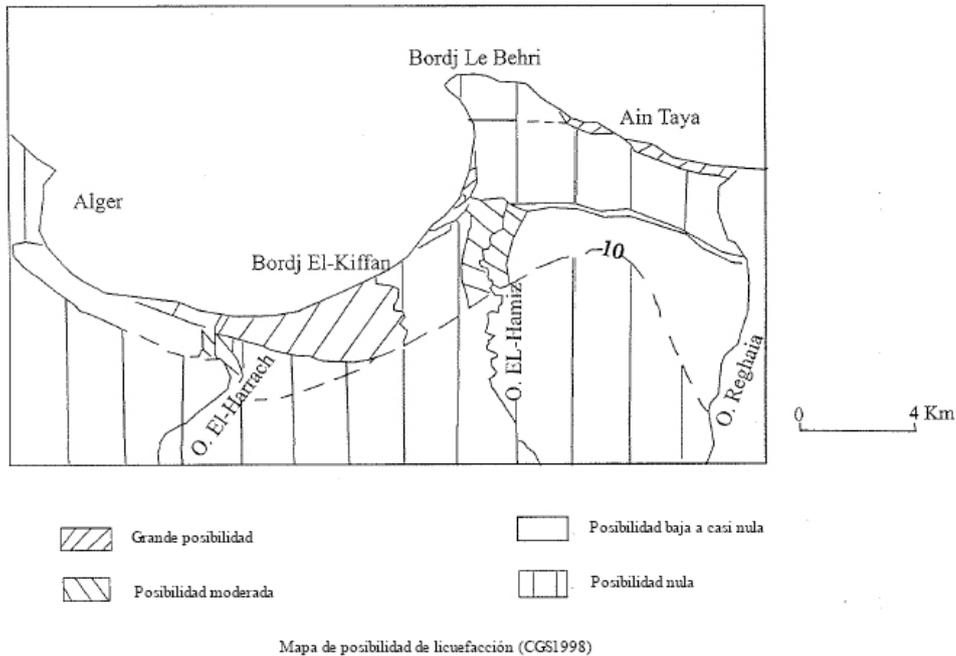
El mapa del nivel piezométrico muestra:

- Un nivel muy bajo de profundidad de agua en la zona del Hamma.
- Una aumentación de la profundidad del agua del Norte hacia el Sur al nivel de la Metidja.
- Una profundidad de agua importante en la parte Oeste de Argel.

La licuefacción afecta solamente las regiones donde los materiales de estructuras granulares se sitúan menos que 30 m de profundidad. 72



Mapa de licuefacción estabilizada a partir de la geología y de la hidrogeología (CGS 1998) 69



Mapa de posibilidad de licuefacción (CGS 1998) 69

### 3.3- Estudio de la actividad sísmica en la región de Tenia- Zemmouri:

La región de Tenia- Zemmouri se sitúa en la frontera oriental de la cuenca de la Metidja. Ella se caracteriza por una falla continental con orientación N120° que empieza en Ain Taya hasta Tenia (8 Km). Al contacto con esta falla, la red hidrográfica presenta pequeños ríos perpendiculares a la falla, algunos son desviados hacia el Sur-Este. Estas anomalías en la red hidrográfica afirman que la falla genera movimientos. 73

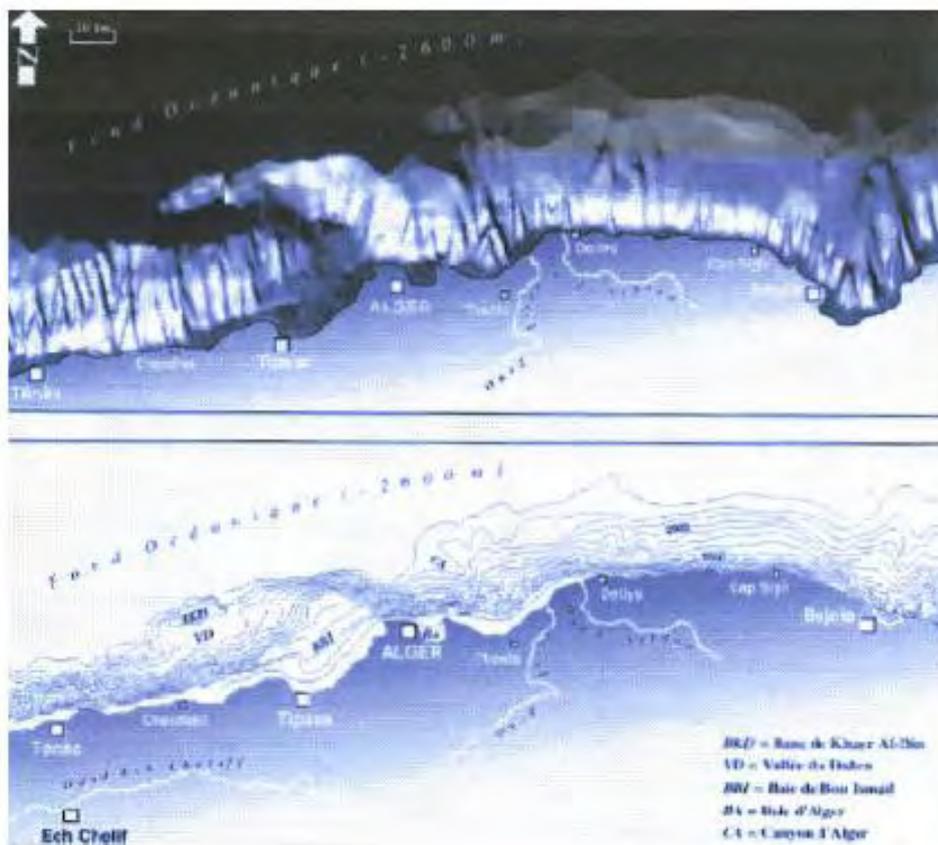
La actividad sísmica en la región de Tenia-Zemmouri se confirma si observamos la morfología de la región, como por ejemplo la escarpadura de Ain Taya- Boumerdes con la orientación N120° y un altitud de 50m. Esta escarpadura puede ser observada sobre la carrera entre Rouiba y Ain Taya al nivel de Ouled Maamar y Heuraoua. 70

Otro ejemplo morfológico de la actividad sísmica de la región es la escorrentía del río y el cambio de su dirección. A partir del mapa de la red hidráulica y de la modelización numérica de la topografía (MNT) offshore y onshore observamos que el Oued Isser que normalmente tiene una dirección Sur-Norte de Beni Amrane hasta Sidi Ali Messaoud esta desviado hace el Este en la dirección de Si Mustapha y Isser. Este Oued con un caudal muy bajo tiene su lecho integrado en un valle que va del Norte de Sidi Messaoud en la dirección de Zemmouri, está ubicado a 120 m de altura con una orientación Norte-

Sur, tiene una longitud de 10km y su ancho es de 500m. Al norte de este límite topográfico se ha observado gracias al mapa batimétrico internacional del Mediterráneo un importante cañón submarino llamado cañón de Argel. 74

La última evidencia de la actividad sísmica de la región son las terrazas marinas y las terrazas aluviales del Oued Isser, el trabajo del científico Chemlal (1983) y el mapa geológica muestran la existencia de 7 terrazas aluviales, la terraza más antigua, que era el primero lecho del Oued Isser es alta de 200m y forme la meseta del Ouled Borr. La terraza más reciente es la que forma el lecho del actual Oued Isser. Durante el seísmo de Boumerdes en 2003, la terraza marina subió de 50 cm más o menos.71

**Todas estas evidencias morfológicas e hidrográficas afirman la actividad tectónica de la falla de Thenia y de Zemmouri. Y son el origen de la morfología de la región que ha pasado por diferentes fases durante el cuaternario hasta nuestra época.**

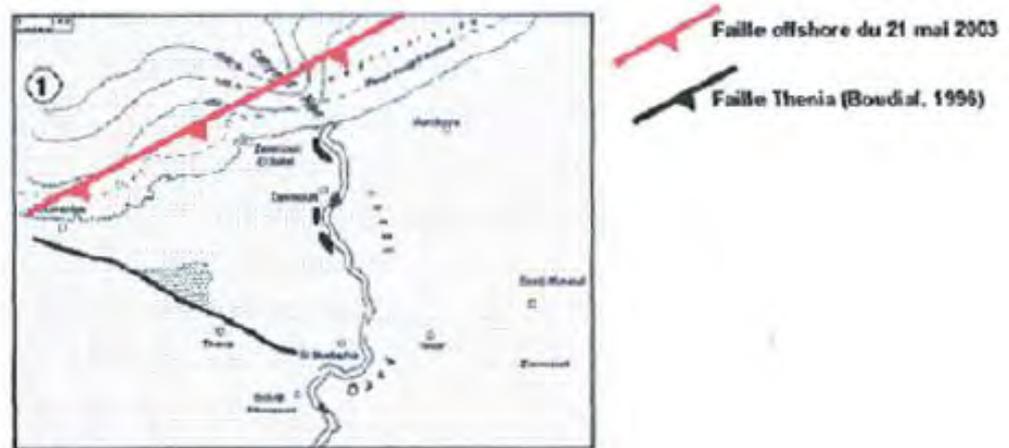


Batimetría de la región de Argel 71

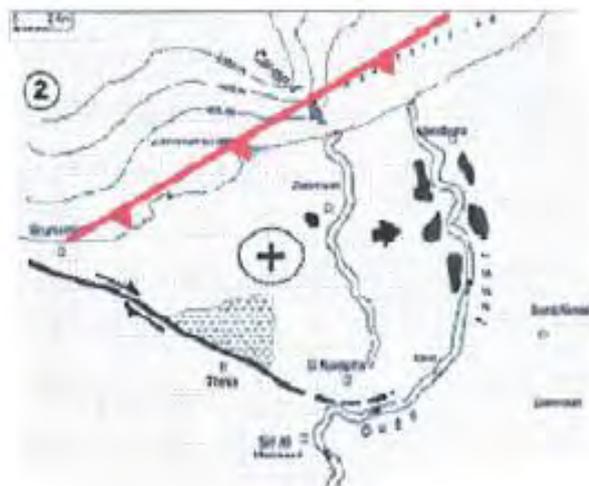
### 3.3.1- La evolución histórica del Oued Isser:

Oued Isser ha pasado por tres fases principales que han cambiado su orientación y también su lecho, estas fases son las siguientes:

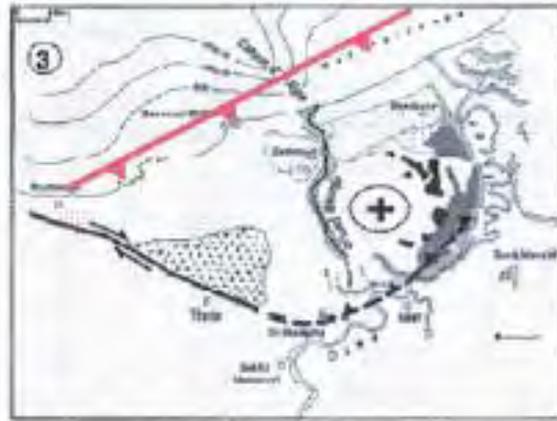
La fase 1: Hace 2 millones de años la escorrentía del Oued Isser estaba situada en lo que es hoy día el valle de Oued Meurdja que se encuentra encaramado a 120m. El Oued Isser tenía una dirección Norte-Sur que va de Souk El Had hasta Zemmouri y que se acaba en el mar. Actualmente la terraza de Oued Borr es un cuadro guardado del antiguo camino o lecho de Oued Isser. 71



La fase 2: Un seísmo ha desviado la dirección de Oued Isser hacia el Este en dirección de Si Mustapha. 71



La fase 3: Durante 2 millones de años la región ha conocido al menos 6 seísmos importantes que han cambiado la morfología de la región Este de Argel. 71



### 3.4- Estrategias urbanas aplicadas a la gestión del riesgo sísmico en la ciudad de Argel:

La única estrategia urbana aplicada hasta nuestro día en la ciudad de Argel así que las otras regiones del país son:

- El Plan Director de Organización Urbana nominado PDAU (Plan Directeur d'Amenagement Urbain , y
- El Plan de Ocupación del Suelo POS (Plan d'Occupation du Sol).

Estos dos planos urbanos hechos según la ley del Urbanismo de 1991 y su decreto n°29-90, adolecen de falta de datos y de mecanismos a establecer en el tema de la lucha contra los riesgos naturales, aunque este ley preconiza que estos instrumentos (PDEAU, POS) deben fijar una estrategia de prevención de las catástrofes naturales. Estos planos no toman en cuenta el riesgo sísmico o el riesgo de inundaciones que son muy comunes en la ciudad de Argel. Según el ministerio del medioambiente Argelino, la ley n°29-90 conocerá en el futuro cambios que integrarán elementos nuevos e instrumentos eficaces en el tema de la organización del urbanismo según los riesgos naturales que amenazan el territorio.

De otro lado, el plan ORSEC no determina una estrategia de prevención o de gestión del riesgo o de la catástrofe, este plan entrega solamente una estrategia de intervención en caso de catástrofe. Eso quiere decir que **la ciudad de Argel no detiene un plan para evitar catástrofes ni para la evacuación de poblaciones.**

**La ausencia de una estrategia urbana en la gestión de los riesgos naturales aumenta la amenaza** sobre la ciudad de Argel que arriesga así de conocer una catástrofe de alta escala. Es por esta razón que es importante de establecer herramientas urbanas adecuadas y mecanismos de aplicación eficaces así que la movilización de todas las energías y potencialidades humanas y económicas.

### 3.5- la construcción antisísmica tradicional “el caso de la Casbah”:

La Casbah es la Medina Antigua de Argel, llamada también “Djazair beni mezghana”, es el barrio vecino al barrio de Bab El Oued que es nuestra zona de intervención, pero integramos la Casbah como una parte de este último porque es una entidad muy importante del tejido urbano de Argel. La parte baja de la Casbah fue construida por Bologhine sobre las ruinas romanas de Icosium durante el siglo 10. Después del seísmo del 3 febrero 1716, el Dey de Argel ha ordenado de mejorar las construcciones de las casas de Argel para mejor resistir a las catástrofes naturales. <sup>75</sup>

Las patologías observadas durante el seísmo de 1716 eran múltiples, pero podemos citar tres categorías: <sup>72</sup>

- La ausencia de uniones resistentes entre los muros lo que ha provocado los colapsos.
- La baja calidad de la mampostería construida.
- La ausencia de los anclajes entre los muros portantes y los forjados.

Las soluciones usadas durante este periodo eran basadas en **técnicas Otomanas que han probado su eficacia hasta nuestra época**. Las casas de la Casbah tenían un estilo único que era una respuesta directa a la topografía del terreno y las tradiciones locales. **Estas soluciones eran focalizadas sobre los arcos, los muros, los forjados, las ménsulas.**

- **El sistema de las columnas de arcos:** <sup>72</sup>

Hay dos sistemas de arcos en la Casbah:

- El arco del parterre, llamado en inglés “the flowerbed arch”
- El arco en herradura, conocido en inglés bajo el nombre “the horseshoe pointed arch”.



El arco en herradura <sup>72</sup>



El palacio del Dey en Argel 72

**- El principio del sistema Arco-columna (Arch-column departure system):** 72

En este sistema se ponen elementos de maderas en forma de cilindros dentro la mampostería al nivel de la unión entre el arco y la columna. Este sistema era usado como un elemento de refuerzo para absorber los esfuerzos horizontales del sismo.



El principio del sistema Arco-columna 72

**- refuerzos con arcadas:** 72

El sistema de refuerzo con galerías esta hecho gracias a línea de arcos-columnas que forman un sistema de estructura “vegas-columnas” paralelas a los muros de cargas, esta estructura se cruza al nivel de las esquinas y se colocan al frente de los muros de cargas para estabilizarlos.



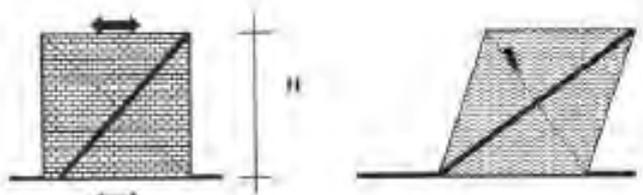
Obra de sistema de Arcada <sup>72</sup>

**- Muros de estructura:** <sup>72</sup>

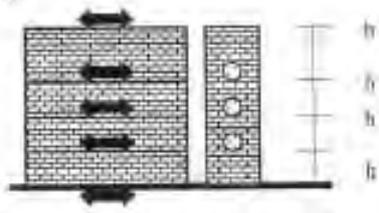
Capas de ladrillos y piezas de maderas redondas forman el muro. Esta manera de superponer las capas de materiales rígidos como los ladrillos y flexibles como las piezas redondas de madera, permite al muro de absorber de mejor forma la inercias del seísmo y los esfuerzos cortantes, le permite también de deformarse en elementos independientes sin romperse, así que minimiza las fisuras en el muro. La división del muro en diferentes partes depende de su altura, puede ser dividido en 3 o 4 partes. Podemos encontrar este sistema de construcción en el palacio del Dey el cual funciona muy bien en caso de un seísmo.



Muros de estructura en el palacio del Dey de Argel <sup>72</sup>



The cracking of the wall according to the deformation due to the tension and compression



Smaller deformation and cracks due to the distribution shear forces in



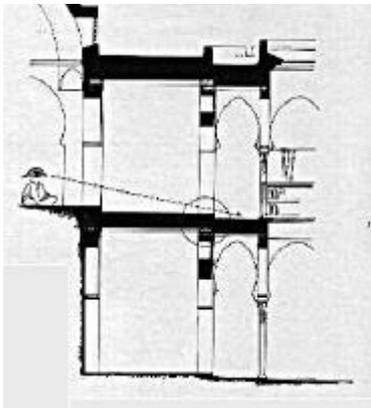
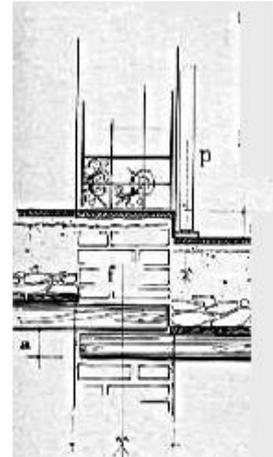
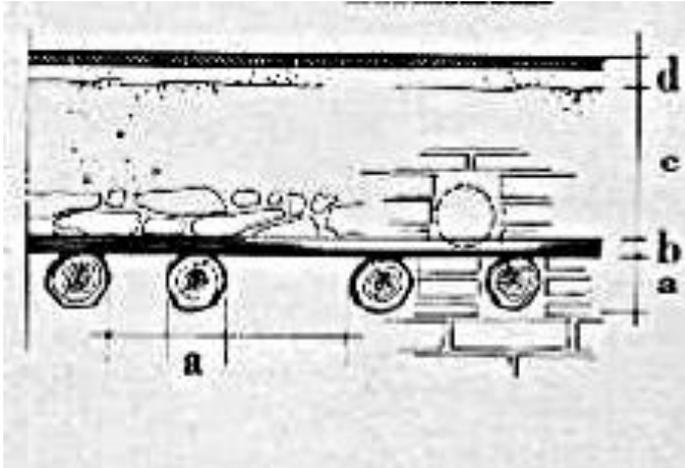
Los esquemas a la izquierda muestran la diferencia por las fisuras y la repartición de los esfuerzos de cortes en un panel entero (arriba) y un panel dividido en 4 paneles pequeños. Este último funciona mejor por la repartición de los esfuerzos teniendo como resultante una disminución del impacto. 72

**- Encuadernar los muros:** 72

Los muros son conectados uno al otro gracias a las piezas de maderas que se cruzan en las esquinas de los muros. Este sistema fue relatado por Carette en 1850: "...he observado en la antiguas casas de los Moros en demolición, una excelente precaución hecha por el constructor para reforzar el ángulo. Esta consiste a poner horizontalmente cada 50cm de altura una pieza de madera de 2m de largo. Esta parte está integrada en la mampostería y están puestas alternativamente en los dos muros y se cruzan en el ángulo. He visto casas debilitadas en la base o medio destrozadas que han quedado estables y no han colapsado gracias a este sistema de construcción.

**- Estructura del forjado:** 72

Los forjados de las casas están hechos con troncos de "Thuja" (tipo de madera) que están integrados en todo el espesor del muro (f) creando una diferencia de nivel (a). Cada dos troncos, se ha puesto una tabla de listón (b) que permite de moverse o de rodar durante un seísmo.



Detalles de forjado, en el Palacio del Dey en Argel 72

**- Ménsula:** 72

Es una pieza de madera (Thuja) que conecta los elementos en balcones y los muros de carga para evitar que los balcones caigan durante un seísmo. Mirar la foto siguiente: 72



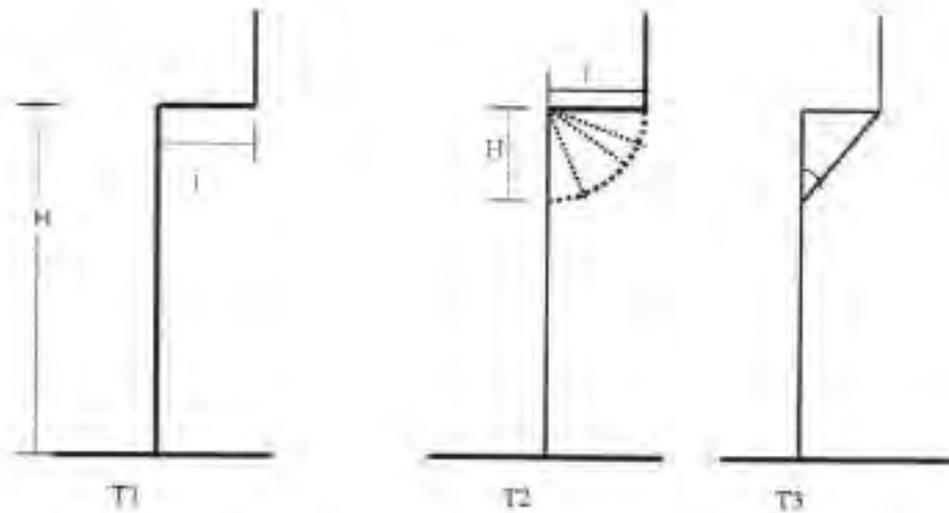


Foto y esquema de funcionamiento de una ménsula <sup>72</sup>  
 El elemento en madera ayuda a la vega de resistir a los esfuerzos de flexión evitando así, además, que en caso que la vega se rompa, ésta caiga sobre la gente.

La Casbah de Argel presenta un sistema antisísmico muy eficaz, este sistema ha probado durante 300 años su fiabilidad. Pero la Casbah conoce durante nuestra época una destrucción debido a la ausencia de mantenimiento de las casas (se trata de casas estatales donde viven personas de muy bajo nivel económico). <sup>76</sup>

### 3.6- El uso de nuevas tecnologías en la gestión del riesgo sísmico en la ciudad de Argel:

#### 3.6.1- El sistema de información geográfica (GIS):

Los riesgos naturales y sobre todo el seísmo no son evitables pero se pueden minimizar el nivel del riesgo con el desarrollo de una estrategia de alerta rápida usando el sistema de detección a distancia (Remote Sensing) y el sistema geográfico de información GIS (GIS Technologies), y esto debería, además, ir adjunto a una preparación e implementación de planos para reducir los riesgos y facilitar la restauración, ello contribuiría a minimizar los efectos secundarios después el desastre. Esta tecnología tiene una importancia indiscutible en la prevención y gestión de los riesgos naturales. <sup>77</sup>

La detección a distancia y el GIS pueden ser herramientas muy importantes cuando los estudios detallados no entregan datos ni sobre la frecuencia, ni sobre el carácter, ni sobre la magnitud de la amenaza en la zona de estudio. El uso de los datos de la detección a distancia (Remote Sensing) así como de la imagerie satélite y de la fotografía aérea nos permite, de elaborar mapas de variabilidad y de las características de los terrenos a través del espacio y del tiempo, además de incorporar datos sobre la vegetación, agua, geología. También la imagerie satélite puede darnos una sinóptico (synoptic) global y datos importantes sobre el medioambiente a gran escala, sobre todo el continente o puede entregar detalles sobre solamente de algunos metros. Estas nuevas tecnologías permiten controlar y prevenir los eventos gracias a los nuevos planos elaborados. El sistema de detección a distancia puede darnos una evaluación de los daños durante un evento, permitiendo así de producir datos de las necesidades para las operaciones. Después de un desastre podemos **usar el GIS y la detección a distancia para producir nuevos mapas, y una base de datos del nuevo estado de la zona para planear su reconstrucción.** <sup>73</sup>

El sistema de información geográfica GIS se usa en las diferentes fases de un evento: <sup>73</sup>

- Durante la fase de prevención: el GIS se use para poder gestionar el importante volumen de datos que necesitamos para evaluar las amenazas y los riesgos.
- Durante la fase de preparación: El GIS se use para establecer los planos de evacuación y de intervención, por ejemplo: la vías de evacuación, los centros de emergencia y de operación. El GIS se usa también durante esta fase en la integración de datos satélites con otros tipos de datos para establecer el sistema de alerta para los desastres.
- Durante la fase de asistencia y de ayuda: El GIS en combinación con el sistema de detección global, es un sistema muy importante para operaciones de salvataje y de ayuda en zonas difícil de acceso.
- Durante la fase de rehabilitación: El GIS se use para organizar los datos de los daños así que para la evaluación de los sitios para la reconstrucción.

El trabajo hecho por el CRAAG (Centro Argelino de Investigación en la Astronomía, Astrofísicas, y Geofísicas) ha desarrollado la metodología usada para desarrollar la base de datos sísmicos de Argelia por el sistema GIS en el tema de la gestión de los riesgos naturales. Por eso, varios datos relacionados con la amenaza, la vulnerabilidad, elementos en riesgo, efectos secundarios, etc. deberían estar tomados en cuenta para poder evaluar el riesgo con precisión. <sup>73</sup>

Con el GIS la reducción del riesgo sísmico en Argel y toda Argelia está relacionada con: <sup>73</sup>

- La determinación de los riesgos locales como los corrimientos, la licuefacción del suelo.

- La delimitación de las zonas de construcción y de las áreas de urbanización.
- La evaluación de la vulnerabilidad de las construcciones.
- Establecer acciones preventivas y de alertas en la población local.

El CRAAG trabaja especialmente con datos satélites como la interferométrica para detectar los desplazamientos del campo debido a grandes seísmos, esto es posible gracias al uso de “Diferencial SRA Interferometry” (D-SRA-I) y a los resultados de archivos de estudios técnicos. El D-SRA-I nos permite de detectar las extensiones del campo de desplazamiento. 73”

### 3.6.2- La detección usando la imagerie satélite:

**La imagen de satélite nos muestra las consecuencias directas** de un seísmo o de otros fenómenos, ella entrega una vista regional de los daños ocurridos. La localización de las regiones afectadas **permite concentrar los esfuerzos de intervención sobre un campo regional definido**. Así se puede ser más eficiente.

Esta tecnología permite además, gracias a un algoritmo **de tener una vista previa de los cambios ocurridos justo después un evento de una manera automática para poder evaluar los daños y la situación a afrontar**. Los cambios están detectados por imágenes de antes del evento e imágenes de después del evento. Esta técnica fue usada en diferentes terremotos: Turquía 1999, Hokkaido 1993, Kobe 1995, Gujuta 2001.

La siguiente imagen muestra la distribución espacial de los daños y los edificios colapsados en Boumerdes gracias al algoritmo de detección de cambios.



Foto satélite de cambios en Boumerdes entre el 22 de abril de 2002 y el 18 de junio de 2003 (78)

La zona roja y naranja corresponde a la concentración de edificios dañados. La imagen del 22/4/2002 y la imagen de después el seísmo del 23/5/2003 fueron analizadas por el programa ENVI. Con este sistema de detección satelital podemos visualizar detalles importantes de los daños sobre los edificios lo que aparecen en color azul. Aparte de los daños la imagen muestra también la localización del campo de emergencia en verde.

Por otro lado la técnica del monitoreo de los fenómenos, permite localizar las zonas a limpiar o zonas limpias para poder reconstruir. La imagen siguiente muestra una zona antes y después de ser afectada por un seísmo y también la zona de reconstrucción ya limpia de sus edificios colapsados.

## **4- Estudio de las inundaciones en Argelia:**

### **4.1- La historia de las inundaciones en Argelia:**

Argelia está confrontada a las inundaciones, las cuales son más frecuentes que los seísmos y provocan catástrofes importantes con pérdidas materiales y humanas a veces deplorables. En Argelia no existe una región que esté más en el peligro que otra, y eso por el carácter imprevisible del fenómeno que es brutal y violento, el cual ocurre generalmente después de un periodo de sequía.

Las inundaciones más importantes en Argelia durante los últimos 50 años son: <sup>79</sup>

- Las inundaciones del 28 septiembre 1969, que causaron 50 fatalidades y dejaron a 62000 personas sin vivienda, destruyendo 23000 casas y 4000 hectáreas de tierras agrícolas. Durante estas inundaciones se registraron una cantidad importante de lluvia, 208mm/24h. <sup>80</sup>
- Las inundaciones de Tizi Ouzou “Azazga”, del 12 octubre 1971 que han causado 40 fatalidades dejando además a cientos de personas sin viviendas.
- Las inundaciones de Tizi Ouzou, del 28 al 31 marzo 1974 que causaron 52 fatalidades en la zona, 18000 víctimas y pérdidas materiales evaluadas a 27 millones de Dinar Argelino (DA).
- Las inundaciones del Eulma (Setif) del 1 de septiembre 1980 que causaron 44 fatalidades.
- Las inundaciones de Annaba, del 11 noviembre 1982 que causaron 26 fatalidades y 9500 víctimas.
- Las inundaciones de Jijel, del 29 diciembre 1984 que ocasionaron 29 muertos 11000 víctimas.
- Las inundaciones de Oued Rhiou, del 20 octubre 1993 que causaron 22 fatalidades, y 14 daños.

- Las inundaciones de Bourdj Bou Aariridj, del 23 septiembre 1994 que han causado 16 fatalidades y pérdidas materiales evaluadas a 10 000000 de Dinar Argelino (DA).
- Las inundaciones del oeste de Argelia, del 22 octubre 2000 que han causado 24 fatalidades.
- Las inundaciones de Argel (Bab El Oued), del 10 de noviembre 2001 que han causado 710 fatalidades y 115 desaparecidos y 30 millones de pérdidas materiales.
- Las Inundaciones de Ghardaia, del 03 octubre 2008, que han causado 43 fatalidades, 4 desaparecidos y 86 heridos. <sup>81</sup>

**Tabla de las viviendas construídas en zonas inundables**

Wilaya	Nombre de construcción
Chlef	2248
Laghouat	3083
O. E. Bouaghi	1999
Batna	16261
Béjaia	500
Biskra	763
Bouira	1438
Tamanrasset	1159
Tébessa	17236
Tlemcen	375
Tiaret	13
Alger	14545+ Barrios Merdja et Baraki
Djelfa	784
Jijel	47( 05 zonas de riesgos muy altos)
Sétif	1261
Saida	976+ 09 Barrios
Skikda	4009
S.B.Abbés	576 +04 Barrios en el centro de la ciudad
Annaba	30 Barrios
Guelma	360
Constantine	620
Médéa	3075
Mostaganem	1633
M'sila	1185
Oran	06 Barrios
Boumerdés	561
El Tarf	2370
Tissemsilt	1340
El Oued	766
Souk Ahras	Todas los barrios.
Tipaza	2710

Mila	1663
Ain Defla	7772
Naama	4924
A Témouchent	14 zonas
Relizane	350

Fuente: Ministerio del Interior / protección civil

## 4.2- Casos de las inundaciones en Argelia:

### 4.2.1- Caso de Oued Saf Saf en Skikda : 82

La ciudad de Skikda está ubicada en el Norte de Argelia y tiene una importancia económica considerable. Esta ciudad es muy conocida por las inundaciones frecuentes. El Oued Saf Saf que está en el Norte Este de Argelia ha conocido varios desbordamientos que han causado inundaciones en la ciudad de Skikda. La primera inundación causada por la crecida del río Saf Saf fue el 04 febrero 1984, y la segunda crecida del río tuvo lugar el 30 diciembre 1984.

#### - Crecida del 04 febrero 1984:

Desde el 30 enero 1984 hasta el 04 febrero 1984 el río de Saf Saf ha recibido 190,5mm de lluvia, esta cantidad de agua ha desarrollado un caudal de 745,1 m<sup>3</sup>/s que es el más importante ocurrido entre 1974 y 1998. Esta crecida significó:

- \* 174 casas destruidas y 500 familias sin viviendas.
- \* La alteración de 450 ha de productos forrajeros, 300 ha de productos cítricos, 850 ha de cereales y 54 ha de tierra a reforestar.

#### - Crecida del 30 de diciembre 1984:

La cantidad de lluvia que ha caído entre el 20 y el 30 de diciembre fue de 401,3 mm, esta cantidad generó inundaciones importantes en la ciudad de Skikda. Las inundaciones causaron:

- \* 11 fatalidades.
- \* La destrucción de puentes, autopistas, y ferrocarril.
- \* La destrucción de equipamientos económicos, centrales eléctricas, centrales telefónicas, centrales de gas y de petróleo.
- \* La destrucción de edificios debido al movimiento de masa.
- \* Enclave de la ciudad bajo el agua durante 10 días.

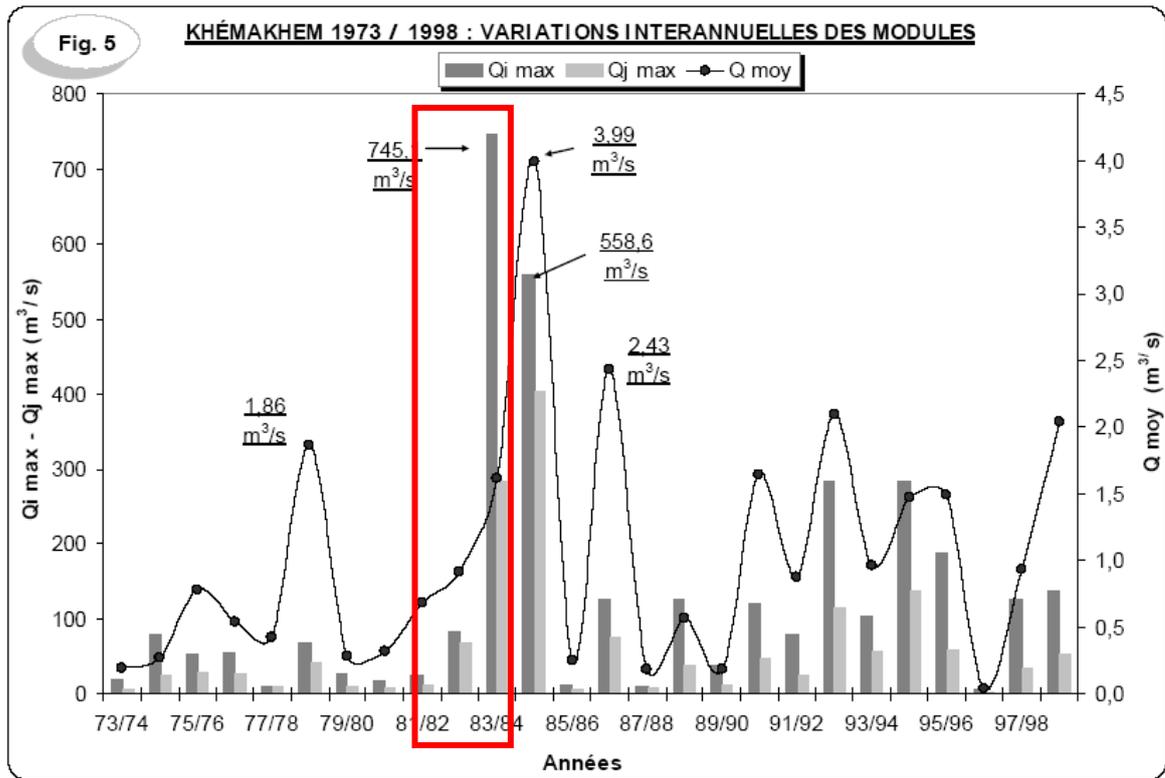
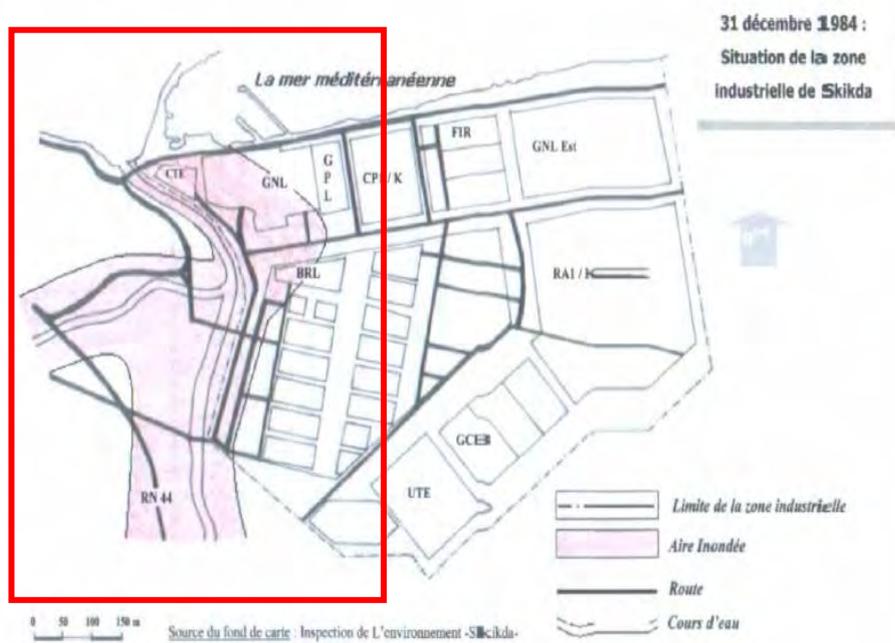
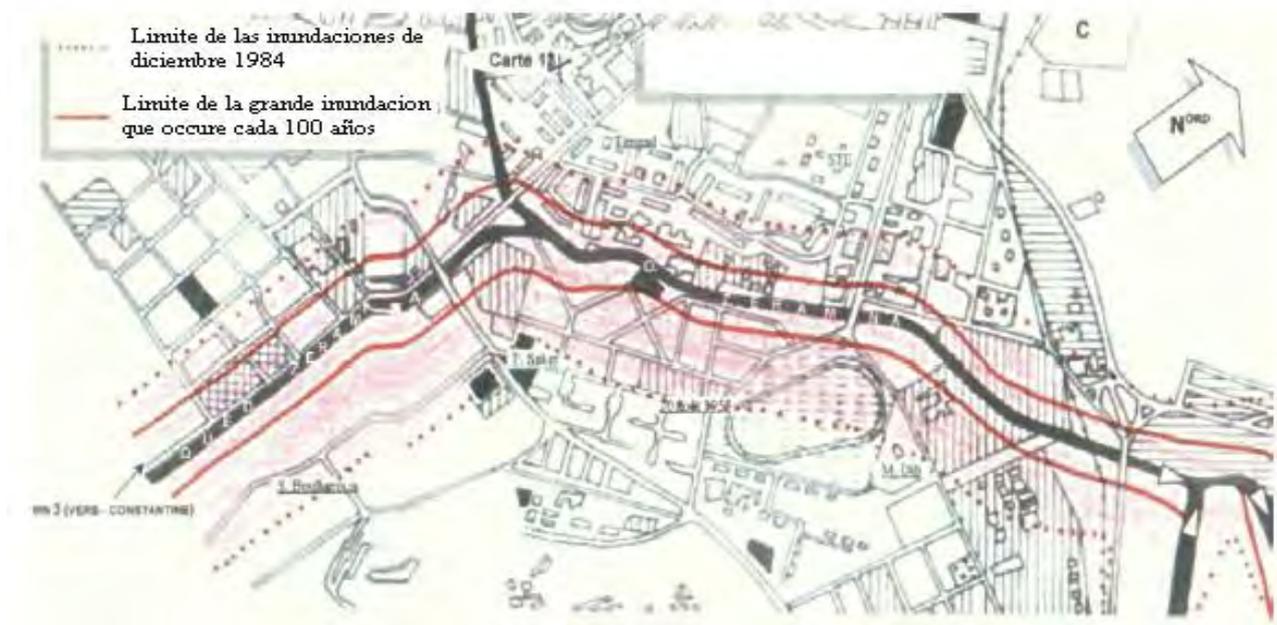


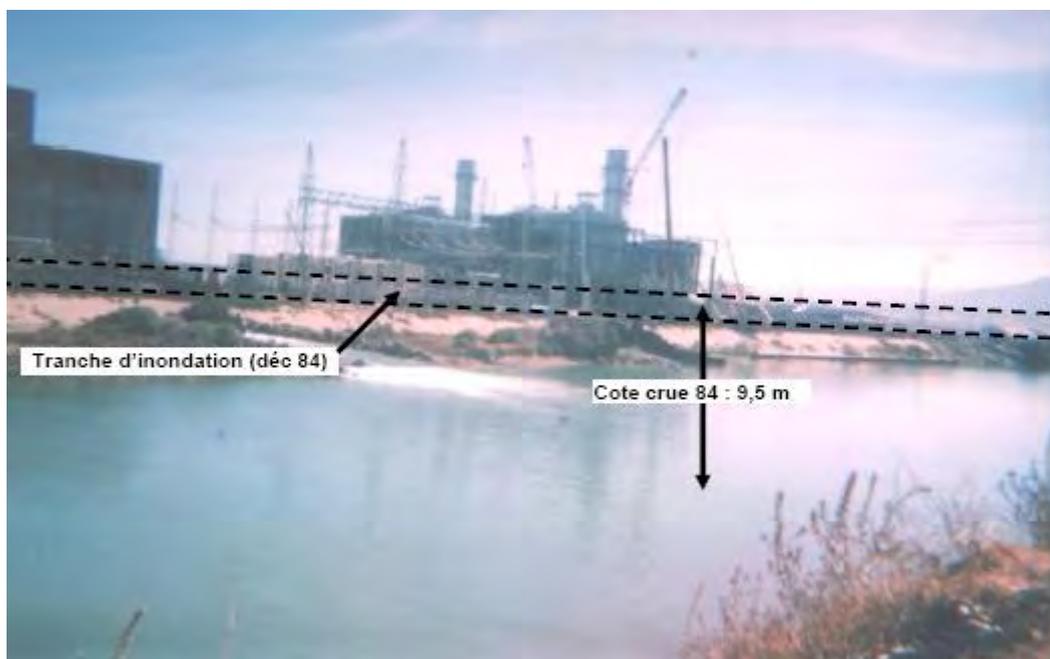
Gráfico de los caudales del río Saf Saf entre 1973 y 1998 81



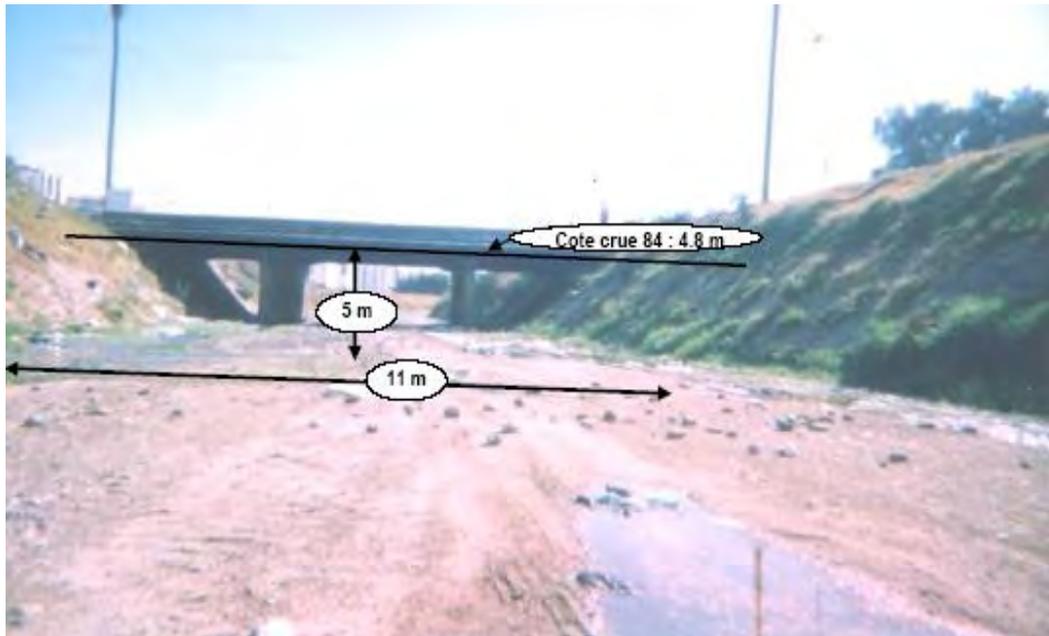
Área de inundación de la zona industrial de Skikda, el 31 de diciembre 1984 81



Riesgo de inundación en la ciudad baja de Skikda <sup>81</sup>



La imagen muestra el nivel del río durante las inundaciones de diciembre 1984 que fue de 9.5m más alto que la normal, las líneas muestran hasta donde llegó el nivel de agua. <sup>81</sup>



El puente tiene un nivel non suficiente (5m). Las inundaciones de diciembre 1984 llegaron a un nivel de 4,8 m. 81



La imagen muestra los diferentes niveles del rio Saf Saf y su influencia sobre las viviendas al redondo. 81



Depósitos de tierra en los ríos agrava las situaciones de inundación. 81

#### **4.2.2- Caso de Bab el Oued en Argel:**

El 10 de noviembre 2001 un flujo de lodo inundó el barrio de Bab El Oued (Puerta del río) de la capital Argel. Esta inundación es la más grave que ha conocido el país desde 1908. Una lluvia fuerte cayó después de muchos meses de sequía, con una cantidad impresionante de agua de más de 100mm en 6 horas, y 260mm/24h de lluvia. Esta última fue acompañada de un viento muy fuerte de 120 km/h. 83

Durante toda la noche del 9 de noviembre hasta la mañana 7:00AM del 10 de noviembre estuvo lloviendo, alrededor de las 08h30, el flujo de lodo empezó a desarrollarse debido a la cantidad impresionante de agua que cayó en un espacio de más o menos 1 hora provocando la llegada de raudales de lodo en el barrio de Bab El Oued, las anomalías urbanísticas amplificaron la intensidad del flujo de lodo.

Esta catástrofe causó 776 fatalidades así que 115 desaparecidos, 1500 viviendas destruidas así que dejó a 10000 personas sin casa y una pérdida de más o menos 0.67 billones de USD. La intervención en la zona del siniestro fue muy lenta y débil, fue gracias a la intervención de los jóvenes del barrio y de algunos equipos de la protección civil que muchas personas pudieron ser salvadas.84

Los muertos se encontraron bajo capas de tierras situados entre 2m a 10m, o debajo los escombros de las viviendas destruidas. Más de 350 vehículos sufrieron destrozos. Casi 1 millón de m<sup>3</sup> de tierra se sacó del centro de Bab El Oued.



Populación de Bab El Oued después el flujo de lodo del 10 noviembre 2001 83



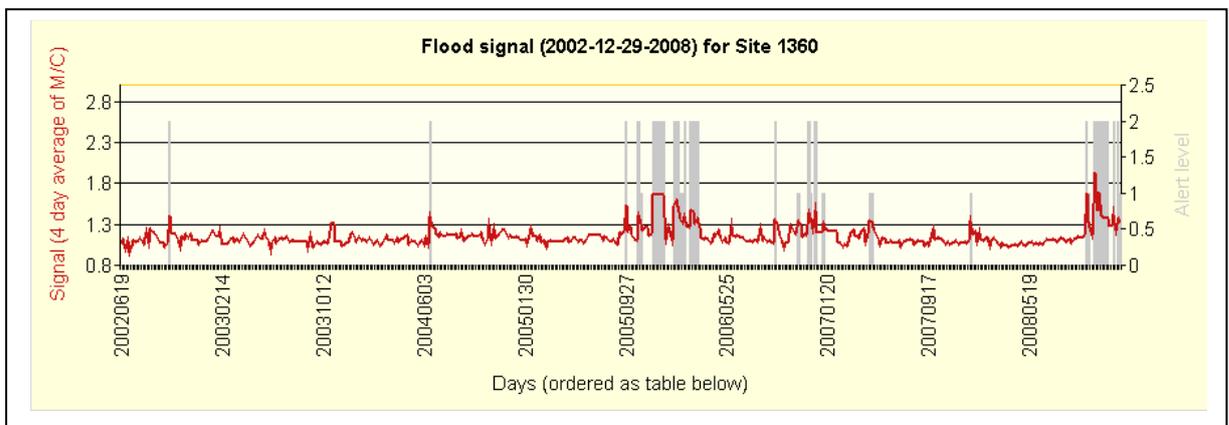
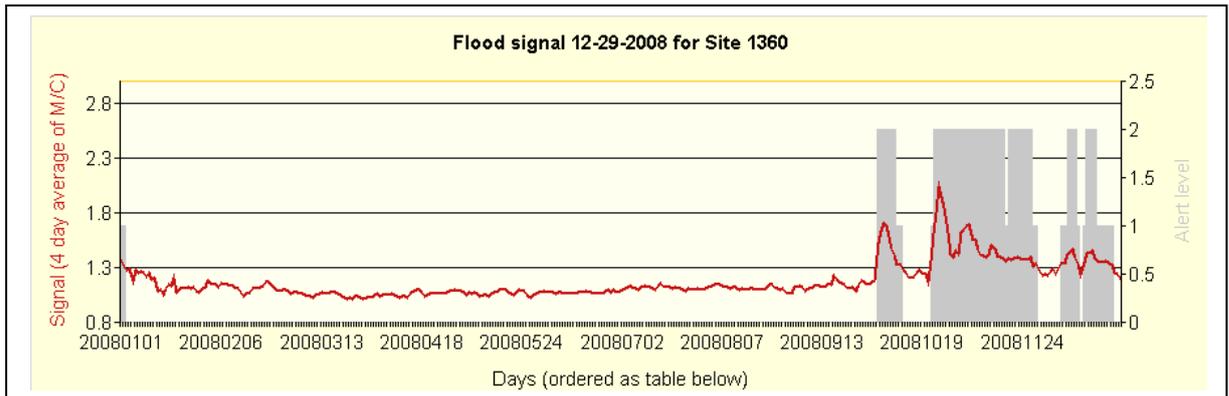
Populación de Bab El Oued después el flujo de lodo del 10 noviembre 2001



Populación de Bab El Oued después el flujo de lodo del 10 noviembre 2001 ayudando a las víctimas 83

### 4.2.3- Caso de Ghardaia:

Desde el mes de octubre 2008 Argelia conoce una seria de inundaciones en muchas de sus ciudades: Ouergla, Ain Al Defla, Tebessa, Djelfa, Ghardaia. Estas inundaciones causaron, según el gobierno Argelino, 65 fatalidades, 2000 viviendas destruidas y 2300 personas lesionadas. <sup>85</sup>

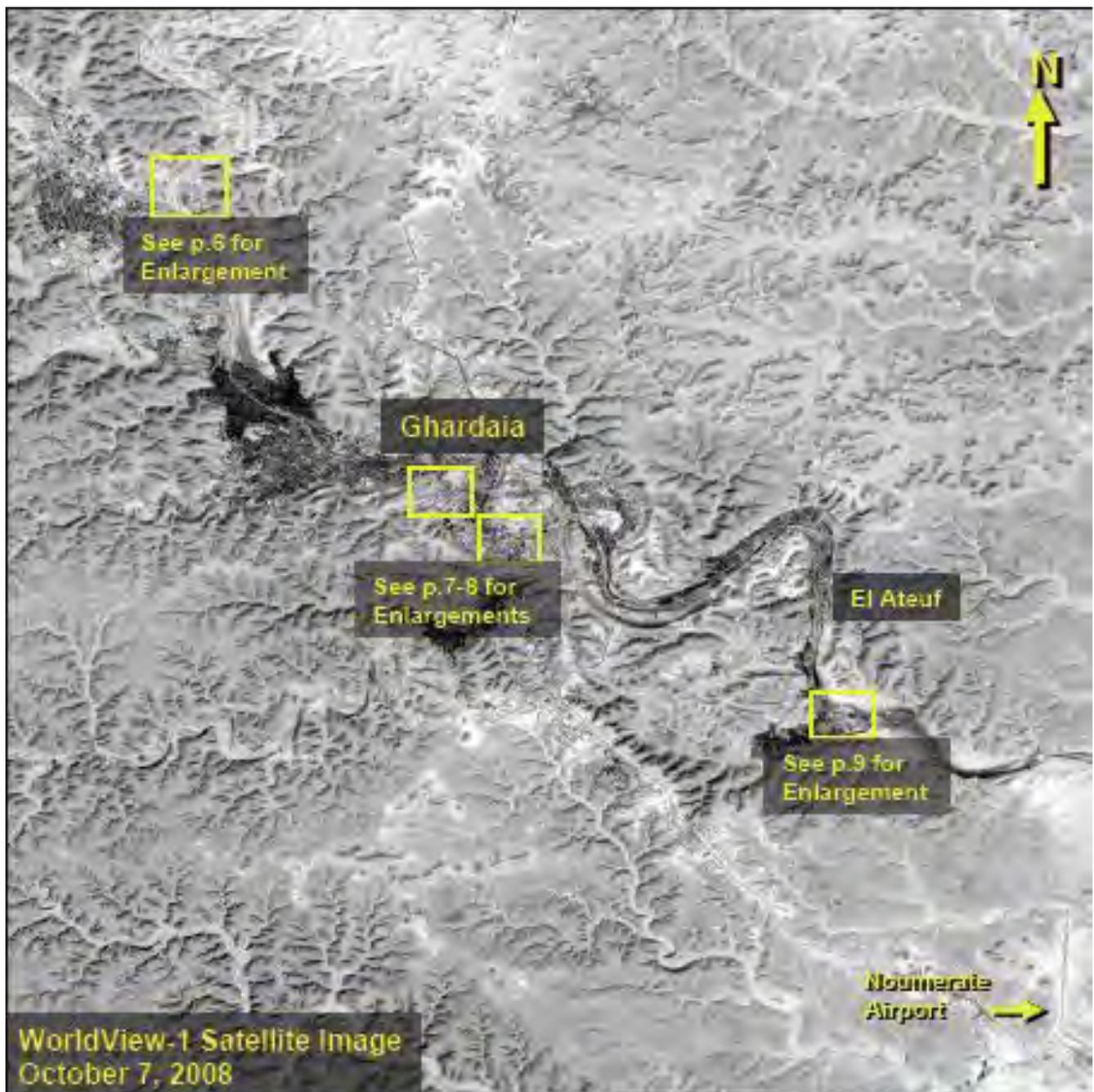


Señal de Inundaciones 2008  
Señal de inundaciones 2002-2008

Los dos gráficos muestran <sup>86</sup>: el cambio de nivel de alerta así que la señal durante todo el año de 2008 la cual llegó a un nivel de 1.5 sobre una escala de 2.5, así que el nivel de alerta desde junio 2002. Observamos claramente que desde hace 6 años (desde septiembre 2005) no hemos conocidos un nivel tan alto de alerta.

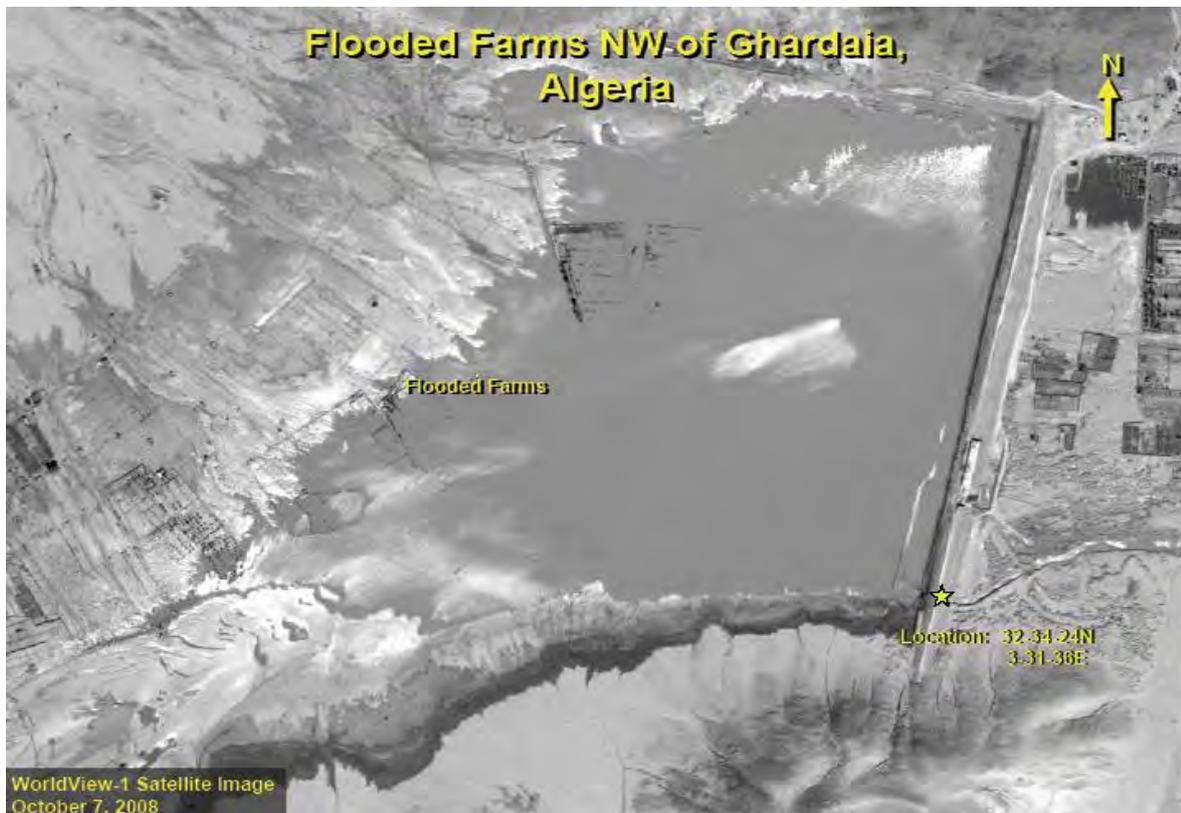
La primera ciudad afectada por este fenómeno es Ghardaia que se ubica a 600 km al sur de Argel. Las inundaciones en esta zona empezaron el 2 de octubre 2008 y causaron según el gobierno 43 fatalidades, 86 heridos, así que 250 millones de euros de pérdidas solamente en esta zona.

Imágenes satélites de la catástrofe desde el catálogo Digital Globe: 87





Imágenes satélites de Ghardaia antes de las inundaciones, durante las inundaciones y Ghardaia bajo las inundaciones





Arriba: un pueblo cubierto por el lodo

Abajo: Carreteras cubiertas de lodo y máquinas cargando el lodo para volver en una vida más o menos normal.





Dstrucción de carreteras en la imagen arriba (Damaged road)

La imagen abajo muestra una carretera en dos casos, antes y después de un flujo de lodo.



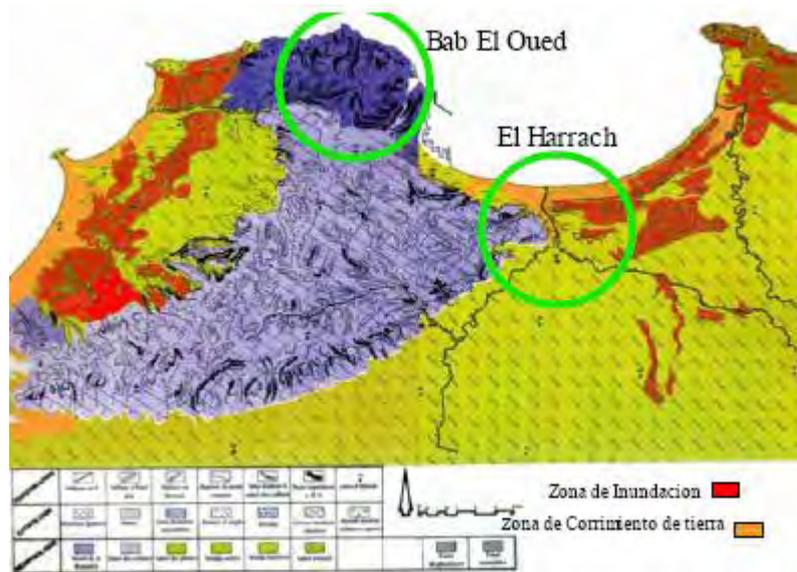
### 4.3- El riesgo de inundación en la ciudad de Argel:

El riesgo de inundación es permanente en la ciudad de Argel, porque el fenómeno puede ocurrir en cualquier momento. Aun cuando la tecnología moderna de nuestra época puede permitirnos de hacer previsiones meteorológicas, si las autoridades no estabilizan planos de intervención y de evacuación eficaces, el riesgo de una catástrofe es inevitable.

Aparte del establecimiento de planos y de los ejercicios de simulación, hay que decir que **Argel es una ciudad densa con un tejido urbano antiguo o mal organizado**, eso amplía el riesgo de inundación como los vividos en el Barrio de Bab El Oued en 2001 o en el barrio del Harrach en 2007.

**La urbanización y la demografía así que densificación son factores que aumentan el riesgo de catástrofes**, desgraciadamente las autoridades no toman lecciones del pasado, por ejemplo en el caso de Bab El Oued se hicieron sólo algunas modificaciones superficiales pero nada que permita bajar el riesgo de otro flujo de lodo tan terrible como el ya conocido.

Otro factor que pone la ciudad de Argel en peligro es **su topografía con pendientes fuertes que favorece la aumentación de la velocidad del agua** así que los corrimientos de tierra en caso de un flujo de lodo, o de otra parte su topografía plana en la parte baja de Argel (la costa) que puede bloquear la circulación del tráfico urbano, (autopista, estaciones de ferrocarril y buses cerca del mar) y de la economía de la región (puerto económico).

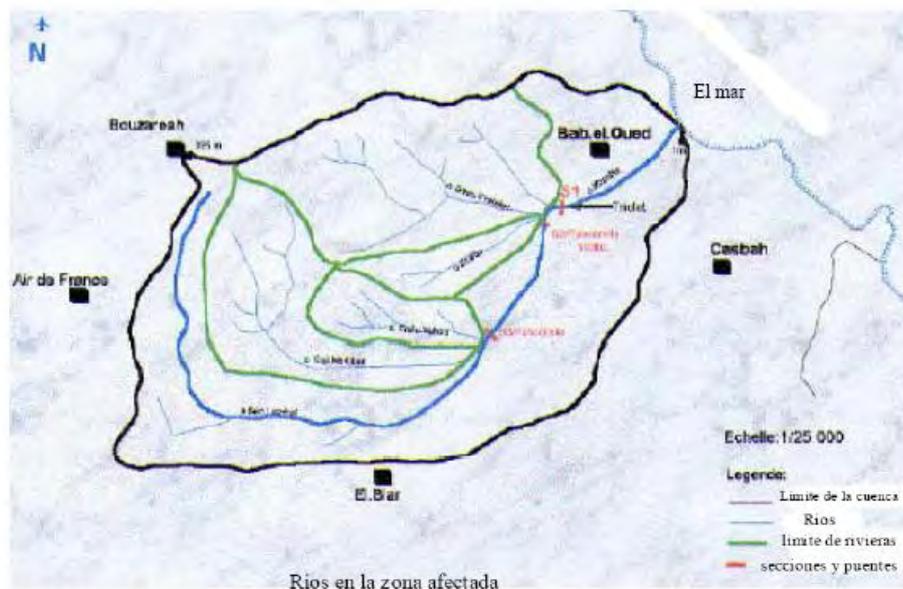




El barrio del Harrach en las inundaciones de 2007 84

#### 4.4- Análisis del riesgo de inundaciones en el barrio “Bab El Oued”: 89

El barrio de Bab El Oued fue la zona más afectada por las inundaciones, porque **este barrio se encuentra en un punto de intersección de 11 ríos importantes en la ciudad de Argel** y que representan una amenaza permanente: 85



Oued Koriche que es uno de los principales ríos, él está situado dentro de una cuenca de 10km<sup>2</sup> que alimenta el barrio de Bab El Oued. Oued Koriche tiene su fuente en Oued Lezzehai en la parte Sur del monte Bouzareah a una altitud de 395m. Esta zona de 10km<sup>2</sup> es muy compacta y muy inclinada lo que aumenta la velocidad del agua. La autopista que va de Chavalley a Triolet está construida sobre un río de 7 Km de largo, y colecta una masa importante de agua de otros ríos. Los dos lados de este río están urbanizados lo que elimina los arboles (Tala) así que la estabilización de la tierra.

En la noche del 9 de noviembre al día del 10 de noviembre 2001-se registraron grandes caídas de agua este fenómeno no habia sido observado desde hace 100 años. Estas observaciones se hicieron en 3 estaciones meteorológicas: la estación de Bouzareah situada a una altitud de 344m, la estación de Cape Caxine situada a una altitud 23, la estación del puerto de Argel situada a una altitud de 3m.

La inundación duró 1h45 en Frais Vallon (autopista). En Triolet el nivel de agua era de 2m45 y la velocidad del agua era de 6,47m/s y la inundación se mantuvo durante 2h. En Oued Koriche donde todas las aguas se acumularon, el nivel alcanzó 2m45 con una velocidad de 730m<sup>3</sup>/s. podemos estimar la cantidad de escombros llevados por el agua entre 800 000 m<sup>3</sup> y 1 millón m<sup>3</sup>.

Tabla de las precipitaciones: 85

Estación	Altitud (m)	Precipitaciones (mm)			
		De las 6 de la mañana del 09/11 a las 6 de la mañana del 10/11		De las 6 de la mañana a las 6 de la tarde del 10/11/2001	
Bouzareah	344	6h/18h	18h/6h	6h/12h	12h/6h
		129,2		132,4	
Cape Caxine	23	0	262,2	262,2	262,2
Puerto	3	26,9	72,0	109,0	109,0

Durante las inundaciones de Bab El Oued hubo muchos daños en las viviendas, los puentes, los puertos, las carreteras, los vehículos, la red eléctrica y de gas, y la red hidráulica.

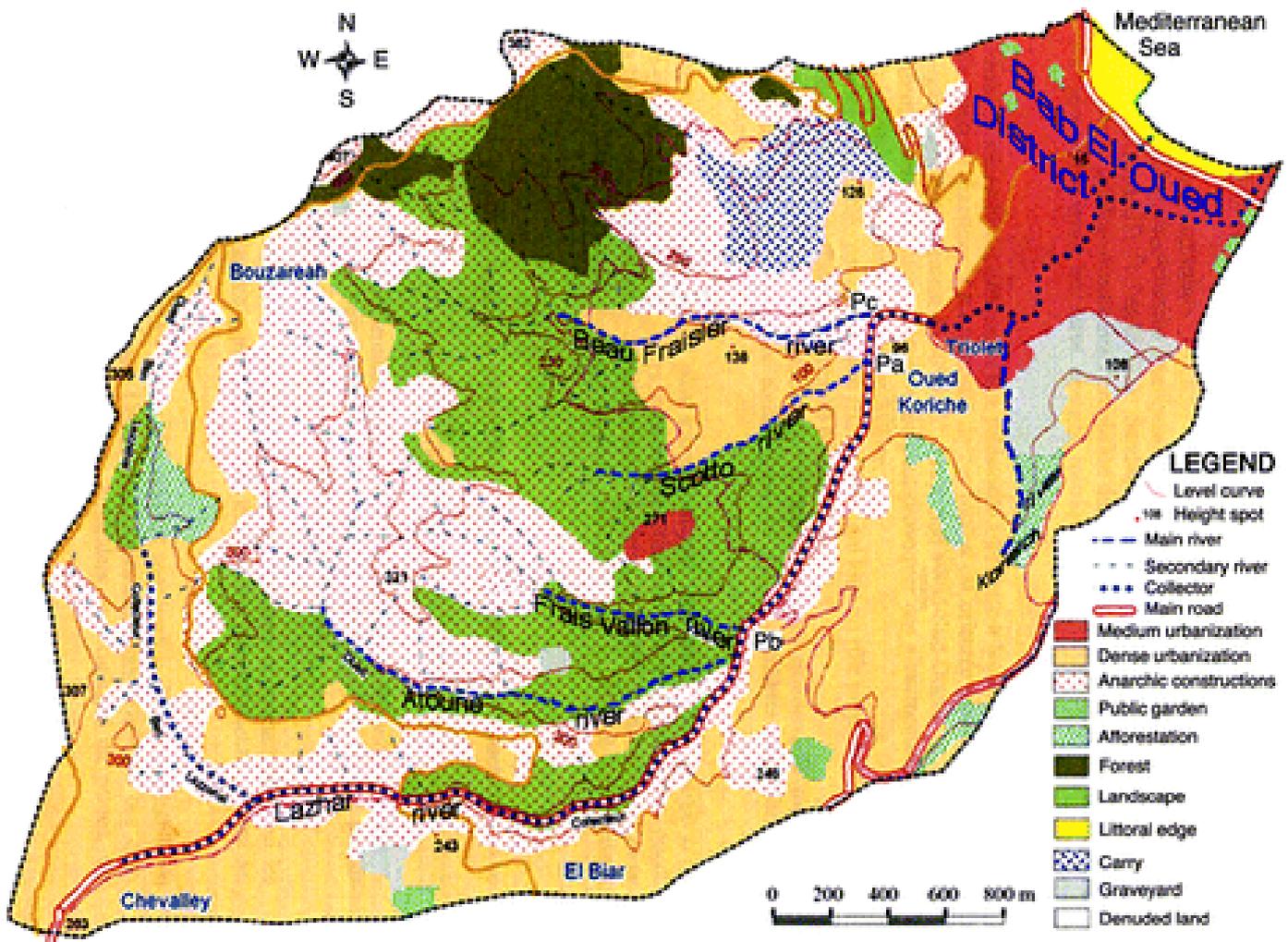
En el barrio de Bab El Oued 61,5 % de las viviendas evaluadas por los expertos estaban dañadas, fue el barrio más afectado por su posición geográfica y su densidad demográfica así que por el estado de su tejido urbano. Casi 57,8% de las viviendas del

barrio de Bab El Oued fueron muy dañadas y casi 542 viviendas destruidas. Las pérdidas materiales en la ciudad de Argel llegaron a los 50 billones de dinars (DA).

La catástrofe de Bab El Oued se produjo por una combinación de diferentes causas que se acumularon y que provocaron el desastre. Las causas son las siguientes:

- La casi inexistencia de un sistema de alerta para evacuar a las personas en la zona de peligro.
- Las precipitaciones excepcionales que no se han absorbido por un sistema hidráulico antiguo y mal entretenido.
- Los corrimientos de tierra que se han observado por ausencia de árboles y el período de sequía que ha desarrollado un efecto impermeable de la tierra (después de un período de sequía la tierra tiene dificultad para absorber las cantidades de agua que recibe).
- Los escombros de las viviendas destruidas por el evento y los materiales de construcción tirados por la gente.
- Escombros de “Carrière Jaubert” ubicada en el Monte de Bouzareah.
- La aumentación de la masa del flujo de lodo en razón de los escombros así que de su velocidad debido a la fuerte pendiente que presenta la topografía de la zona.
- La mala planificación y organización urbana es la razón más importante en este desastre que provocó muchas fatalidades, como por ejemplo en el punto de unión de los ríos “Triolet” donde todos los autos y buses fueron llevados por el flujo de lodo cayendo desde una altura de 10 metros por la diferencia de nivel que existe entre Triolet y Bab el Oued y por los trabajos de construcción de una autopista de 7 Km sobre un río seco.
- La cerrada con hormigón de los túneles de evacuación de agua, los cuales son muy altos (un camión puede entrar) que van de Monte Bouzareah hasta Ferhani (El Mar) por razones de seguridad (terrorismo).
- La densidad del urbanismo del Barrio, que tiene calles muy estrechas.
- La topografía con pendientes fuertes.

Todas estas razones no se han cambiado después el desastre, lo que quiere decir claramente que si las mismas condiciones climáticas del 10 noviembre 2001 se presentan, ellas puedan provocar el mismo fenómeno.



Plan de organización de la cuenca de Bab El Oued



Passerelle Scotto

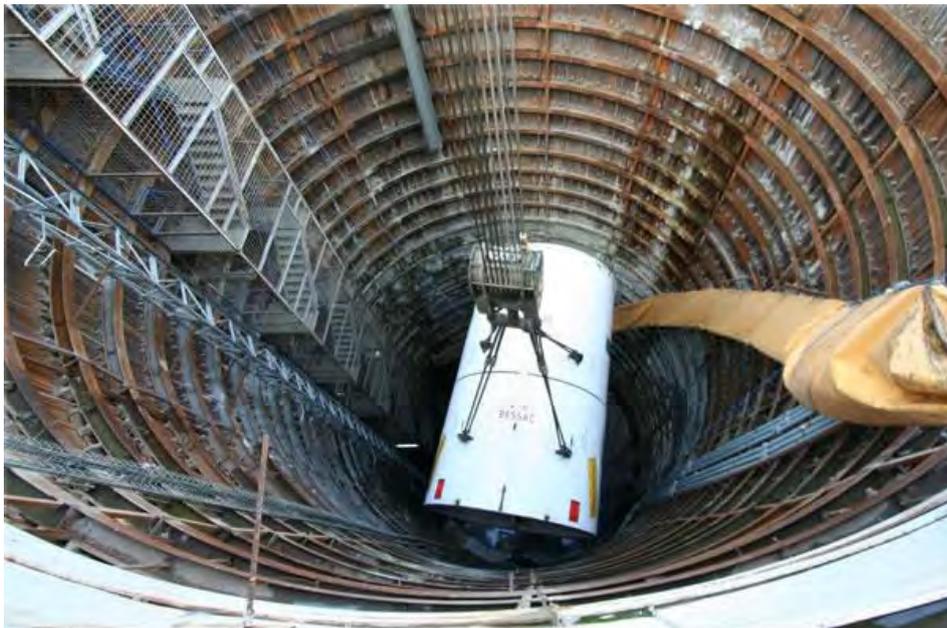


Frais Vallon



Beau Fraisier

Después la catástrofe de Bab El Oued el gobierno argelino decidió de construir un proyecto de desdoblamiento del túnel de agua pluvial de Oued M'kacel en Argel, este proyecto consiste en un túnel de una longitud de 4760 metros perforado principalmente con teneladora y que empieza desde la glorieta de Baranes hasta el hospital universitario de Mayo en el barrio de Bab El Oued. Los últimos 230m serán construidos a cielo abierto por causa de nivel de topografía. Este nuevo colector será conectado con los sistemas colectores existentes así que tomara el agua de las cuencas inferiores de Oued Branes, Oued Sidi Medjber, Oued Frais vallon, Oued Scottó Nadal, Oued Jaubert. El colector va a recoger una cantidad de 50m<sup>3</sup>/s de agua. El costo de este proyecto es de 5400 millones de Dinar (DA). 91



Colector de agua pluvial en Argel

Es una máquina mixta, de presión de tierras y de presión de aire, la máquina coloca dovelas de prefabricación universal de hormigón armado de 4.000 a 4.600 mm a medida que avanza la construcción. Los pozos de trabajo y/o conexión tienen profundidades y tamaños variables, con diámetros entre 10 y 15 metros y profundidades entre 30 y 55 metros. Los pozos de conexión son estructuras complejas (vórtices, estructuras de disipación de energía, etc.). El colector construido a cielo abierto es superficial (profundidad media de cuatro metros) y tiene una sección de 2 x 4,75 metros.

Los pozos circulares se construyen en roca, por encima del nivel del agua empleando métodos tradicionales (cerchas de acero y gunita) mientras que el tramo a cielo abierto se construye empleando muros de retención temporales, pantallas y pilotes. Argel lanzó también un importante programa de saneamiento construyendo paralelamente a la costa el colector de Pointe Pescade con una longitud de 12 kilómetros, el intenta interceptar todos los sistemas secundarios que descargan en el mar y llevar el agua usada a una planta de tratamiento situada en la parte Este de la ciudad. 92



Proyecto de Colectores en la ciudad de Argel

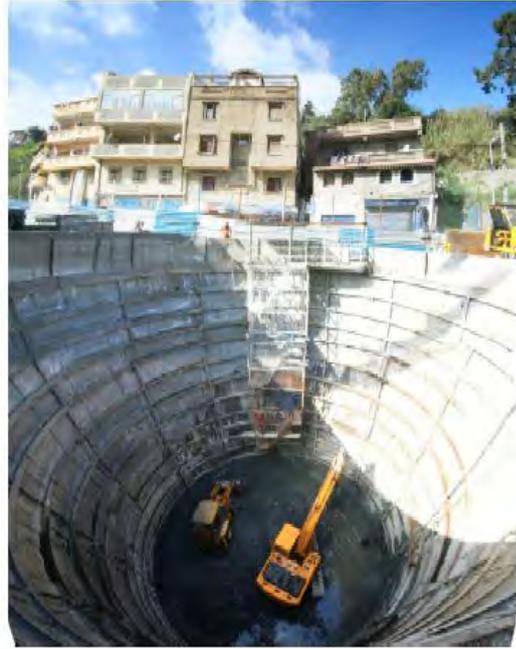
Línea en rojo: El desdoblamiento del colector de Oued Mkecel con la tuneladora

Línea en Azul: El desdoblamiento del colector de Oued Mkecel a cielo abierto.

Línea en verde: El Colector de Point Pescade (93)



M'kacel: fondo del pozo, primer tramo



M'kacel: pozo de lanzamiento, segundo tramo



M'kacel: planta de fabricación de dovelas



M'kacel: tuneladora EPB de CSM Bessac



Pointe Pescade: demolición manual de un pilote



Pointe Pescade: dentro del túnel

## 5- Resumen del capítulo:

La Ciudad de Argel ha conocido algunas destrucciones por catástrofes naturales, que a veces fueron muy grandes y causaron muchas víctimas. Unos de estas catástrofes son los terremotos de 1632, 1676, 1717 y 1755. Hubo también otros tipos de catástrofes naturales como la invasión de langostas, la sequía y el hambre.

La ciudad de Argel es una zona sísmica donde **puede ocurrir seísmos fuertes con una magnitud que puede llegar hasta Ms =6**. Sin embargo, el seísmo de Boumerdes del 21 de Mayo de 2001 llegó a una magnitud de Ms=6,8. Se considera que El Asnam (Orleansville) y Zemmouri (Boumerdes) son zonas sísmicas importantes que forman parte de la sismicidad de la ciudad de Argel.

Se conocen cinco (5) fallas sísmicas activas que han generado o pueden generar seísmos de una magnitud importante:

- La falla del Mediterráneo
- La falla de Bouzareah
- La falla del Sahel:
- La falla del Harrache:
- La falla de Douéra

La amenaza sísmica es importante en las zonas que han conocido seísmos fuertes durante el pasado como por ejemplo: Argel, El Asnam, Setif, Constantine. La amenaza sísmica es también importante en la zona Oeste del Norte de África : Marruecos y el Sur de la Península Ibérica, en las zonas del Riff y del Alto Atlas. En Túnez la amenaza sísmica es importante en el norte 34°.

Podemos decir que, **la región de la costa así que de la región del Tell son clasificadas en Zona 3 de alta sismicidad**, y la región de las altas mesetas y el Atlas Sahariano en zona 2 que tienen una sismicidad media, y por fin la región sahariana que tiene una sismicidad muy débil, clasificada en zona 1

Estudiar la tipología de la ciudad de Argel es hacer una estratificación de los diferentes procesos y técnicas de construcción que corresponden a las grandes épocas. Al nivel mediterráneo J. Ptrovski ha identificado tres modelos de construcción que son:

- antes de 1920, tenemos un predominio de la construcción tradicional realizada con Adobe, y albañilería de piedra y de ladrillos, con forjados en madera o abovedado.
- periodo entre 1920 y 1950, las construcciones eran en albañilería de piedra y de ladrillos con un forjado de hormigón armado.
- Después de 1950, las construcciones eran de tipo moderno con un sistema de pilares y con vigas en hormigón armado.

Las **soluciones usadas en las construcciones de la casbah eran basadas en técnicas Otomanas que han probado su eficacia**. Las casas de la Casbah tenían un estilo único que era una respuesta directa a la topografía del terreno y las tradiciones locales. Estas soluciones eran focalizadas sobre los arcos, los muros, los forjados, las ménsulas.

- El sistema de las columnas de arcos
- El principio del sistema Arco-columna (Arch-column departure system):
- refuerzos con arcadas
- Muros de estructura
- Encuadernar los muros
- Estructura del forjado
- Ménsula

**La antigüedad del tejido urbano, la falta del mantenimiento de los edificios y el desarrollo de las construcciones ilegales, aumentan la vulnerabilidad de la ciudad** que puede conocer grandes catástrofes sísmicas y de inundaciones. También, la concentración y la dimensión de las infraestructuras e instalaciones y de la población, así que las actividades pueden tener un rol en la amplificación del riesgo de una catástrofe.

La única estrategia urbana aplicada hasta nuestro día en la ciudad de Argel así que las otras regiones del país son:

- El Plan Director de Organización Urbana nominado PDAU (Plan Directeur d'Amenagement Urbain , y
- El Plan de Ocupación del Suelo POS (Plan d'Occupation du Sol).

Estos dos planos urbanos hechos según la ley del Urbanismo de 1991 y su decreto n°29-90, adolecen de falta de datos y de mecanismos a establecer en el tema de la lucha contra los riesgos naturales, aunque este ley preconiza que estos instrumentos (PDEAU, POS) deben fijar una estrategia de prevención de las catástrofes naturales. Estos planos no toman en cuenta el riesgo sísmico o el riesgo de inundaciones que son muy comunes en la ciudad de Argel. De otro lado, **el plan ORSEC no determina una estrategia de prevención o de gestión del riesgo o de la catástrofe, este plan entrega solamente una estrategia de intervención en caso de catástrofe. Eso quiere decir que la ciudad de Argel no detiene un plan para evitar catástrofes ni para la evacuación de poblaciones.**

**La ausencia de una estrategia urbana en la gestión de los riesgos naturales aumenta la amenaza sobre la ciudad de Argel que arriesga así de conocer una catástrofe de alta escala.** Es por esta razón que es importante de establecer herramientas urbanas adecuadas y mecanismos de aplicación eficaces así que la movilización de todas las energías y potencialidades humanas y económicas.

Los riesgos naturales y sobre todo el seísmo no son evitables pero se pueden minimizar el nivel del riesgo con el desarrollo de una estrategia de alerta rápida usando **el sistema de detección a distancia (Remote Sensing) y el sistema geográfico de información GIS (GIS Technologies)**, y esto debería, además, ir adjunto a una preparación e implementación de planos para reducir los riesgos y facilitar la restauración, ello contribuiría a **minimizar los efectos secundarios después el desastre**. Esta tecnología **tiene una importancia indiscutible en la prevención y gestión de los riesgos naturales**. También, la imagen de satélite nos muestra las consecuencias directas de un seísmo o de otros fenómenos, ella entrega una **vista regional de los daños ocurridos**. La localización de las regiones afectadas **permite concentrar los esfuerzos de intervención** sobre un campo regional definido.

Esta tecnología permite además, gracias a un algoritmo de tener una vista previa de los cambios ocurridos justo después un evento de una manera automática para poder evaluar los daños y la situación a afrontar. Los cambios están detectados por imágenes de antes del evento e imágenes de después del evento.

Argelia está confrontada También a las inundaciones, las cuales son más frecuentes que los seísmos y provocan catástrofes importantes con pérdidas materiales y humanas a veces deplorables. En Argelia no existe una región que esté más en el peligro que otra, y eso por el carácter imprevisible del fenómeno que es brutal y violento, el cual ocurre generalmente después de un periodo de sequía.

El 10 de noviembre 2001 un flujo de lodo inundó el barrio de Bab El Oued (Puerta del río) de la capital Argel. Esta inundación es la más grave que ha conocido el país desde 1908. Una lluvia fuerte cayó después de muchos meses de sequía, con una cantidad impresionante de agua de más de 100mm en 6 horas, y 260mm/24h de lluvia. Esta última fue acompañada de un viento muy fuerte de 120 km/h.

Argel es una ciudad densa con un tejido urbano antiguo o mal organizado, eso amplía el riesgo de inundación como los vividos en el Barrio de Bab El Oued en 2001 o en el barrio del Harrach en 2007. **La urbanización y la demografía así que densificación son factores que aumentan el riesgo de catástrofes**, desgraciadamente las autoridades no toman lecciones del pasado, por ejemplo en el caso de Bab El Oued se hicieron sólo algunas modificaciones superficiales pero nada que permita bajar el riesgo de otro flujo de lodo tan terrible como el ya conocido.

Otro factor que pone la ciudad de Argel en peligro es **su topografía con pendientes fuertes que favorece la aumentación de la velocidad del agua así que los corrimientos de tierra en caso de un flujo de lodo**, o de otra parte su topografía plana en la parte baja de Argel (la costa) que puede bloquear la circulación del tráfico urbano, (autopista, estaciones de ferrocarril y buses cerca del mar) y de la economía de la región (puerto económico).

La catástrofe de Bab El Oued se produjo por una combinación de diferentes causas que se acumularon y que provocaron el desastre. Las causas son las siguientes:

- La casi **inexistencia de un sistema de alerta** para evacuar a las personas en la zona de peligro.
- Las precipitaciones excepcionales que no se han absorbido por **un sistema hidráulico antiguo y mal entretenido**.
- Los **corrimientos de tierra que se han observado** por ausencia de árboles y el período de sequía que ha desarrollado un efecto impermeable de la tierra (después de un período de sequía la tierra tiene dificultad para absorber las cantidades de agua que recibe).
- **Los escombros** de las viviendas destruidas por el evento y los materiales de construcción tirados por la gente.
- **Los escombros de “Carrière Jaubert”** ubicada en el Monte de Bouzareah.
- La aumentación de la masa del flujo de lodo en razón de los escombros así que de su velocidad debido a la fuerte pendiente que presenta la topografía de la zona.
- **La mala planificación y organización urbana** es la razón más importante en este desastre que provocó muchas fatalidades, como por ejemplo en el punto de unión de los ríos “Triolet” donde todos los autos y buses fueron llevados por el flujo de lodo cayendo desde una altura de 10 metros por la diferencia de nivel que existe entre Triolet y Bab el Oued y por los trabajos de construcción de una autopista de 7 Km sobre un río seco.
- **La cerrada con hormigón de los túneles de evacuación de agua**, los cuales son muy altos (un camión puede entrar) que van de Monte Bouzareah hasta Ferhani (El Mar) por razones de seguridad (terrorismo).
- **La densidad del urbanismo** del Barrio, que tiene calles muy estrechas.
- **La topografía con pendientes fuertes**.

Todas estas razones no se han cambiado después el desastre, lo que quiere decir claramente que si las mismas condiciones climáticas del 10 noviembre 2001 se presentan, ellas puedan provocar el mismo fenómeno.

Después la catástrofe de Bab El Oued, se ha decidió de construir un proyecto de desdoblamiento del túnel de agua pluvial de Oued M'kacel en Argel, este proyecto consiste en un túnel de una longitud de 4760 metros perforado principalmente con teneladora y que empieza desde la glorieta de Baranes hasta el hospital universitario de Mayo en el barrio de Bab El Oued. Los últimos 230m serán construidos a cielo abierto por causa de nivel de topografía. Este nuevo colector será conectado con los sistemas colectores existentes así que tomara el agua de las cuencas inferiores de Oued Branes, Oued Sidi Medjber, Oued Frais vallon, Oued Scottó Nadal, Oued Jaubert. El colector va a recoger una cantidad de 50m<sup>3</sup>/s de agua. El costo de este proyecto es de 5400 millones de Dinar (DA).

Estos son las razones de la redacción de este trabajo.

## Capítulo 2

---

*Los riesgos geológicos “Seísmos, tsunamis, inundaciones, corrimientos de tierras, volcanes”*

## 1 – El fenómeno sísmico:

### 1.1- Reparto de las pérdidas humanas causadas por Los seísmos:

Los seísmos provocan muchas fatalidades en el mundo, el número de las víctimas es a veces espantoso, esto nos permite de decir que el sismo es uno de los más importantes fenómenos naturales que provoca fatalidades enormes: 94

Irán 1978 con 25000 víctimas

Montenegro 1979 con 120 víctimas

México 1985 con 20 000 víctimas

Armenia 1988 con 100 000 víctimas

Estados Unidos 1989 con 64 víctimas

Irán 1990 con 40 000 víctimas

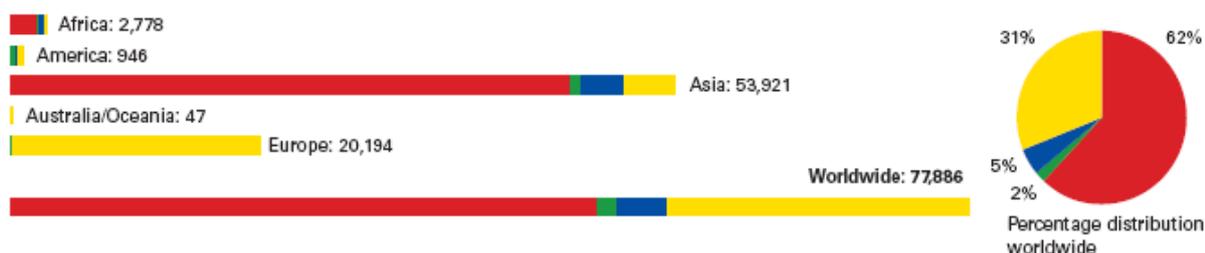
Afganistán 1991 con 300 víctimas

India 1993 con 15 000 víctimas

Japón 1995 con 6000 víctimas

Indonesia 2004 con 130 736 víctimas

Japón 2011, mas de 10804 victimas



Rojo = Terremotos / Azul= Inundaciones / Verde= Tormenta de viento / Amarillo= Otros 95

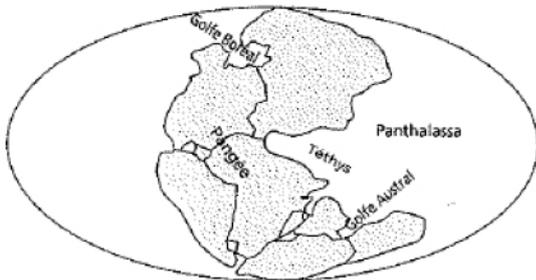
Las estadísticas muestran que el número de defunciones por causas sísmicas en el año 2003 fue de 77 886 víctimas, y podemos observar que el seísmo (en rojo) en ese mismo año representa 62 % de las defunciones por catástrofes naturales en el mundo.

### 1.1.1-Tectónica de Placas: 96

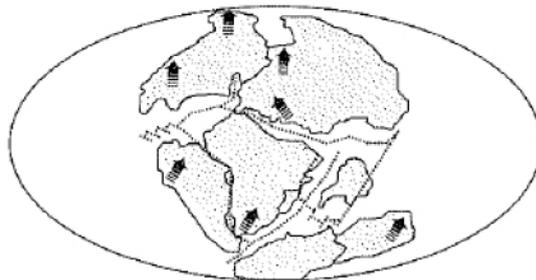
Nuestra tierra azul nació hace más o menos 4,5 billones de años a partir de polvo interestelar, 500 millones de años después su corteza terrestre se solidificó y desde ese tiempo muchas transformaciones de la corteza terrestre han ocurrido modificando la geografía del globo y generando seísmos y erupciones volcánicas.

Hace 250 millones años la tierra estaba compuesta solamente de un continente gigante llamado Pangea, y un océano a su alrededor llamado Panthalassa. El Pangea es compuesto de diferentes fragmentos de cortezas terrestres en movimiento. Después de millones de años se ha generado la geografía actual del globo.

La teoría de la Tectónica de placas explica que todos estos fenómenos (deriva continental, formación de cordilleras continentales y submarinas) son manifestaciones de procesos de liberación del calor original de la Tierra adquirido durante su formación así que el calor generado durante la eliminación de elementos radioactivos. Estos procesos fragmentan la litosfera en baldosas, hacen que se separen, deriven y deformen la superficie terrestre.



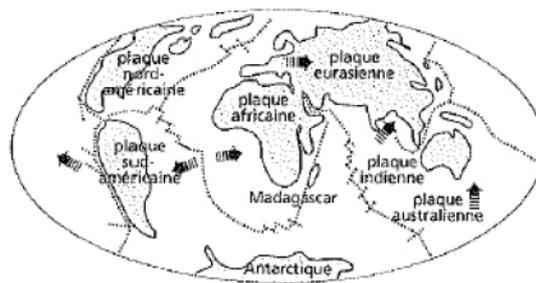
Hace 200 millones de años



Hace 135 millones de años



Nuestra tierra hoy día



Nuestra tierra en 50 millones de años

Las derivas de los continentes (según Dietz y Holden ) 96

Las placas, entre 6 y 15 placas principales y otras menores, tienen un desplazamiento de entre 1 y 15 centímetros por año. Cuando dos placas se apartan se acompañan de una

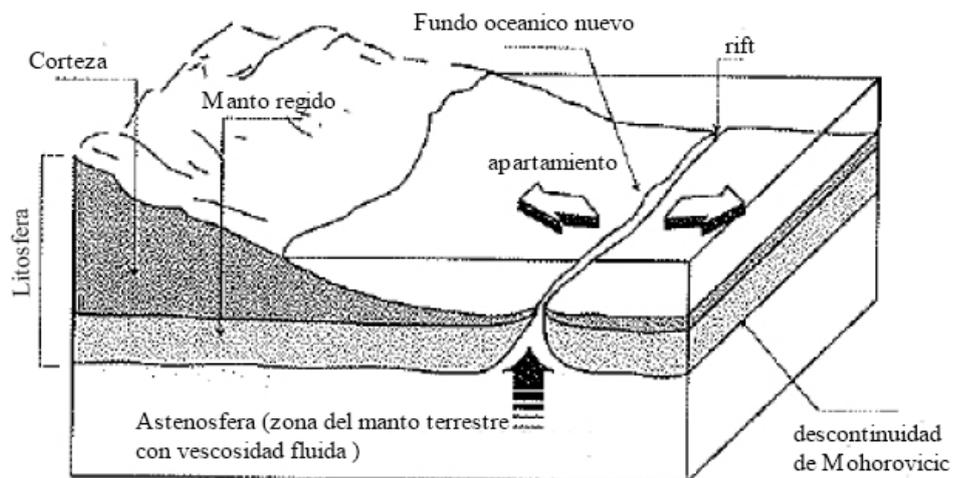
ascenso de magma desde la Astenosfera que después de enfriarse forma el Dorsal, el cual se encuentra generalmente en los océanos.

Cuando una placa oceánica enfrenta una placa continental ocurre un fenómeno de deslizamiento y de subducción de la primera bajo la segunda por una cuestión de peso de la corteza, y eso con un ángulo que varía de 20° hasta 80°.

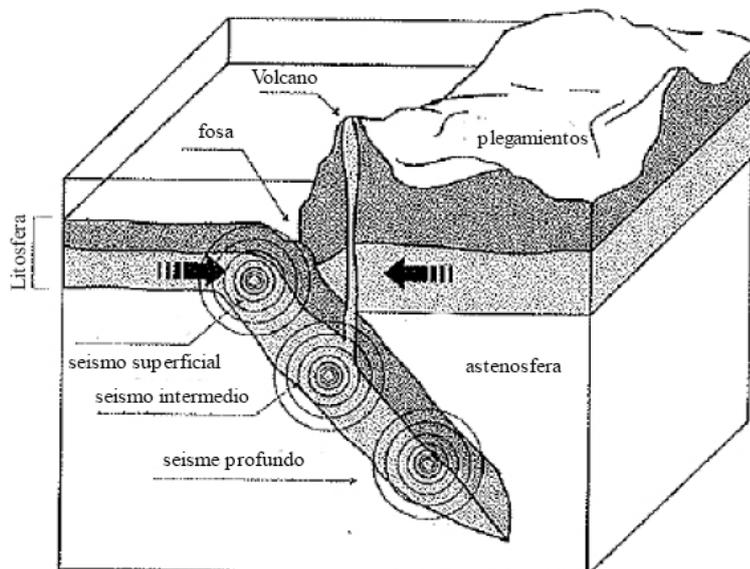
Cuando dos placas continentales se enfrentan no ocurre subducción pero en cambio ocurre un fenómeno de obducción que desarrollan cadenas de montañas esto porque la obducción se acompaña de plegamientos, podemos tomar por ejemplo la cadena de Himalaya generada por el afrontamiento de la placa india y la placa euroasiática desde hace millones de años hasta hoy día.

Las colisiones y las distensiones de placas generan tensiones importantes en las rocas comprimidas; cuando estas rocas llegan a un límite de compresión tal que hace que se liberen estas tensiones, se produce “una ruptura”. Esta ruptura origina un terremoto. El lugar donde se produce la ruptura se ubica en profundidad y se llama foco o hipocentro y su proyección sobre la superficie del globo se llama epicentro.

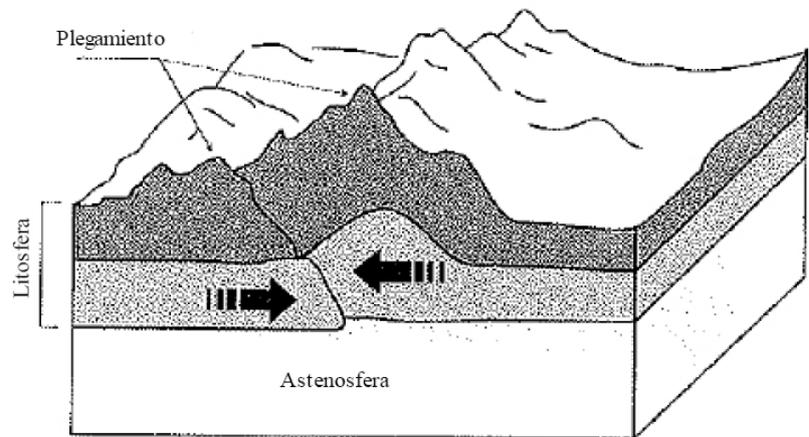
Dorsal medio oceánico 93



Subducción de una placa oceánica bajo una placa continental 93



Plegamiento producido por dos placas continentales que se afrentan <sup>93</sup>



### 1.1.2- Geografía de los seísmos:

Los seísmos se producen en general en las zonas de contacto entre las placas litosféricas, ellos son denominados “seísmos interplacas” y confirman la teoría de la tectónica de placas.

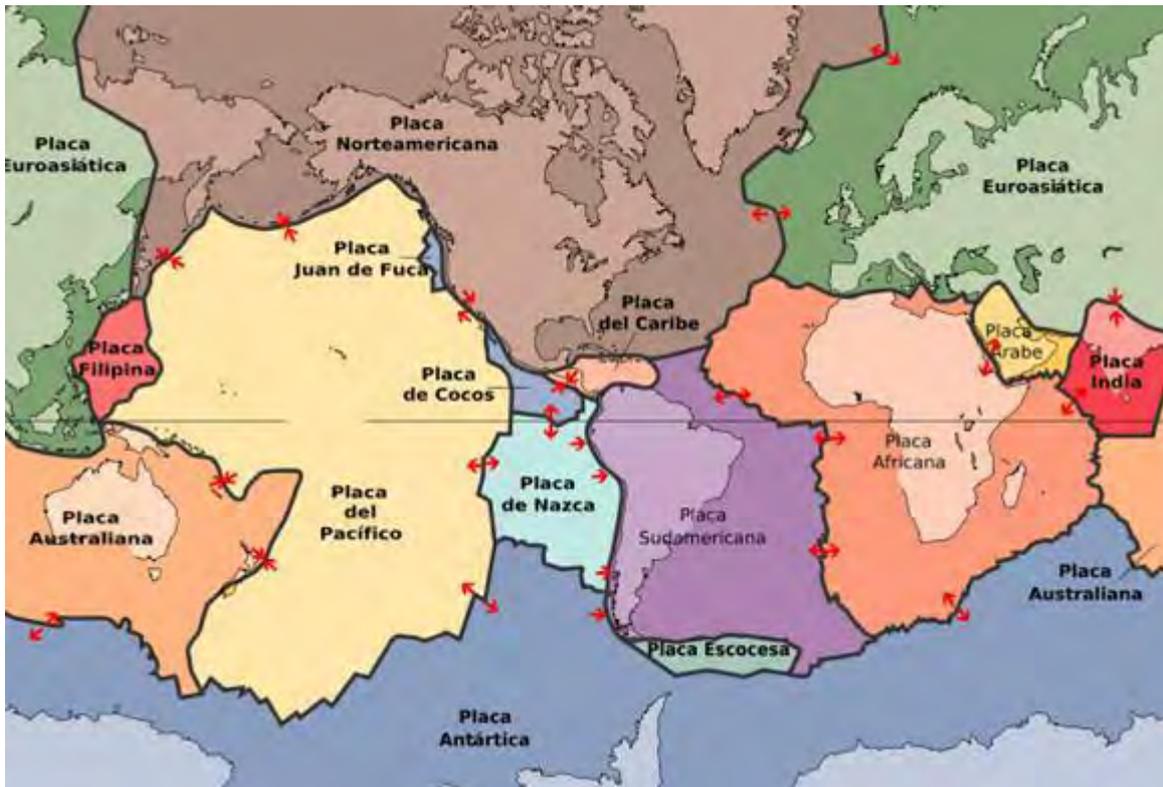
Sin embargo, otros seísmos se producen fuera de estas zonas, sobre todo dentro de los continentes y pueden generar seísmos muy fuertes, como por ejemplo en la placa euroasiática se han producido seísmos en :

- Kansu con una magnitud 8.5
- Haicheng con una magnitud 7.3
- Tangshan con una magnitud 7.8

Estos seísmos están generados por la transmisión de las tensiones entre las placas hacia el interior. Los otros seísmos que se producen en el interior de las placas pueden tener un origen volcánico o de corrimientos de tierra. <sup>97</sup>

Podemos observar tres líneas importantes de densidad geográfica de los seísmos: <sup>98</sup>

- 1- La línea del Pacífico: se llama también línea de fuego por los múltiples volcanes que se encuentran allí. Casi el 80% de la energía sísmica se libera cada año en esta línea.
- 2- La línea de Asia: ella libera casi el 15% de la energía sísmica cada año. La línea de Asia se conecta con la línea del Pacífico y se prolonga hasta el Mediterráneo y las costas Ibéricas.
- 3- Dorsal oceánico: Se libera aquí el resto de la energía sísmica que es de 5% cada año.



Líneas importantes de densidad geográfica de los seísmos

### 1.1.3- Clasificación de los seísmos:

Los seísmos no tienen siempre un origen tectónico, es por ello que se consideran dos categorías :

1.1.3.1- Seísmos de origen natural:

1.1.3.1.1- El seísmo tectónico:

Las tensiones generadas en las rocas por los movimientos de las placas litosféricas se traducen en una acumulación de energía en los puntos de tensiones. Cuando estas rocas no pueden guardar esta energía se produce una ruptura que se propaga a una velocidad más o menos de 4 km/s y libera energía en forma de calor y otra pequeña parte en forma de energía cinética (seísmo).

Este fenómeno genera otros desequilibrios en las zonas vecinas que pueden provocar otros seísmos más fuertes en los días, semanas o meses que siguen. Cuando las rupturas no son puntuales, pueden generar seísmos violentos, porque la liberación de la energía

se sitúa sobre una distancia muy larga como por ejemplo el seísmo de San Francisco de 1906 y de 1989.

Los seísmos que ocurren con una frecuencia muy baja son en general violentos por la concentración importante de energía acumulada durante mucho tiempo. La fuerza del seísmo depende también de su profundidad, que en general es de menos 70 km (seísmos superficiales), O seísmos intermedios que ocurren entre 70km y 300km, y por fin, los seísmos profundos ocurren a más de 300 km.

A partir de 700 km de profundidad no hay seísmos por la ausencia de la roca que puede romperse. En las zonas de subducción, la energía que sale del movimiento de las placas en forma de calor transforma las rocas en magma, lo que explica la gran actividad de los volcanes en las zonas de subducción de las placas tectónicas. El seísmo de origen tectónico puede ser acompañado por fenómenos luminosos como el arco luminoso, punto luminoso o chispa. 99

#### 1.1.3.1.2- El seísmo volcánico: 99

Los seísmos volcánicos son debidos a rupturas de rocas causadas por el ascenso del magma con fuerza, a la caída de las cavernas vacías o a explosiones volcánicas. La energía liberada por los seísmos volcánicos es débil y sin gran influencia, excepto que los seísmos volcánicos son precursores de una próxima erupción, la cual depende de la frecuencia y de la magnitud de los seísmos.

#### 1.1.3.1.3- El seísmo debido a un desmoronamiento: 99

Estos seísmos son excepcionales, provocados por los desmoronamientos de los techos de grandes cavidades subterráneas. La energía liberada es muy baja comparada a los seísmos tectónicos importantes. Estos seísmos pueden ocurrir en cualquier lugar.

#### 1.1.3.2- El seísmo debido a un impacto de meteorito:

Estos seísmos son muy contados, tenemos por ejemplo el meteorito que ha golpeado Perú en 2007 y que provocó un pequeño seísmo. Podemos imaginar que un meteorito de una dimensión muy grande, que no se desintegra cuando entra en el atmosfera ~~de la tierra~~, podría generar un seísmo importante cuando choca con el suelo provocando un cráter enorme. Por ejemplo, hace 2200 años un meteorito cayó en el lago de Chiemsee en Alemania generando múltiples cráteres de 3m de diámetro hasta 0.5Km. La teoría dice que era un meteorito que se desintegró al entrar en la atmosfera.

### 1.1.3.3- Seísmos debidos al hombre:

Los seísmos pueden ser también de origen humanos, por ejemplo cuando hay pruebas nucleares, explosiones grandes, obras de retorsión de agua, “reserva”, cambios de la hidrología natural de un sitio provocando corrimientos de tierra o desmoronamientos importantes debidos a una actividad humana “minas, ruptura de dique, asiento....” . Los seísmos artificiales generados por el hombre han permitido a los científicos entender más el funcionamiento de las ondas sísmicas así que la estructuración del globo que se compone de 4 elementos: núcleo interior, núcleo exterior, manto, corteza (de 35 km y hasta de 70 km).

### **1.1.4- Teorías de previsión de los seísmos:**

#### 1.1.4.1- La previsión de los seísmos a largo plazo: 100

Esta primera escala de la previsión sísmica pasa por el establecimiento de la amenaza sísmica de la región, lo que nos incita a estudiar su historia sísmica, a detectar sus fallas activas y las magnitudes que pueden generar. Este nivel de previsión nos permite solamente de establecer un nivel de magnitud y de intensidad de los seísmos que pueden ocurrir en la región así que tener una idea del periodo en el cual puede tener lugar. Sin embargo, la previsión de un seísmo a largo plazo no nos permite de evitar una catástrofe pero si de prepararnos a un evento que puede ocurrir en 10 años, 100 años o más.

#### 1.1.4.2- La previsión de los seísmos a medio plazo: 100

Este segundo nivel de previsión se base sobre una técnica soviética que es la técnica de reconocimiento de formas, que toma en cuenta la variación en el tiempo y el espacio de la sismicidad de una región. Con esta técnica los científicos esperan poder precisar con éxito el lugar de los seísmos que tendrán lugar en un periodo de un año, esto gracias a los catálogos anuales de la sismicidad. Si los resultados de esta técnica son positivos, ellos podrán ayudar a detectar las fallas geológicas y a controlarlas y aplicar las técnicas de previsión de corto plazo.

#### 1.1.4.3- La previsión de los seísmos a corto plazo: 100

Este nivel de previsión debería indicarnos exactamente el lugar y el tiempo de un futuro seísmo para poder evacuar a la gente. Actualmente no existe ninguna técnica que

permita de determinar de manera precisa un seísmo, pero existen algunas metodologías que vamos intentar de explicar.

#### 1- Los fenómenos precursores:

La observación de diferentes seísmos nos ha permitido de establecer una lista de los fenómenos precursores de un evento:

- Deformación crustal
- Evolución espaciotemporal de la sismicidad
- Variación de la velocidad de propagación de las ondas sísmicas.
- Fenómenos hidrogeológicos y geoquímicos.
- Resistencia eléctrica
- Emisiones electromagnéticas
- Variación del campo geomagnético
- Potencial espontáneo

#### 2- La metodología de VAN:

Los científicos griegos P. Varotsos, K. Alexandropoulos y K. Nomikos, han propuesto en los años 80, una teoría basada sobre la medida de las corrientes electro-telúricas.

El análisis de las diferencias de potencial entre dos electrodos impolarizables con una distancia de 10 a 100 metros que les separa, nos permite de identificar unas señales difíciles de detectar llamadas “SES” (seismic electric signal).

Esta técnica nos permite prevenir un seísmo a menos de 3 semanas del evento, con un error de distancia menos de 120 km así con un error de magnitud de máximo 0,7 por los seísmos con una magnitud superior a 5.

Podemos decir que esta teoría no es perfecta por las razones siguientes:

- Incoherencia entre las grabaciones hechas por estaciones diferentes.
- Ausencia de un modelo físico que pueda analizar el alto nivel de la diferencia de potencial (0,1V).
- Las predicciones no son tan sistemáticas para los grandes seísmos.
- Las grabaciones no corrigen las fluctuaciones del campo exterior.

- Los SES observados en algunas estaciones son específicos solamente a una estructura eléctrica en el Oeste de Grecia.

- los resultados con éxito de esta técnica han sido solamente sobre seísmos con un magnitud de menos 5.

## 1.2- Planteamiento científico de los seísmos

### 1.2.1- Las ondas sísmicas:

Las ondas sísmicas se componen de dos partes:

#### 1- Las ondas de volumen : 101

Las ondas de volumen viajan en todas las direcciones dentro la tierra, siguen caminos curvos debido a la variada densidad y composición del interior de la tierra, y se componen de dos tipos de ondas que se desplazan a velocidades diferentes, las ondas de compresión, llamadas también “ondas longitudinales (P)” y las ondas de distorsión que se llaman también “ondas transversales (S)”. La propagación de las ondas de volumen se hace bajo las mismas leyes de propagación de la luz, lo que quiere decir que si la onda de volumen encuentra ambientes de densidades diferentes, estas ondas serán refractadas y reflejadas. En los dos casos, el tipo de onda puede cambiarse de una onda P a dos ondas P y S.

Cerca de la superficie de la tierra las ondas son reflejadas hacia el interior, estas últimas se combinan con las ondas que llegan del hipocentro lo que genera sacudidas fuertes. Con respecto a las ondas P, éstas no son reflejadas hacia el interior pero emergen en forma de ondas acústicas que generan un ruido fuerte.

#### Las ondas P: 102

Las ondas P (Primae Undae) son ondas longitudinales que se desplazan según un movimiento donde el suelo es alternadamente comprimido y dilatado en la dirección de la propagación. Estas ondas generalmente viajan a una velocidad 1.73 veces de las ondas S y pueden viajar a través de cualquier tipo de material. Velocidades típicas son 330m/s en el aire, 1450m/s en el agua y cerca de 5000m/s en el granito. En un medio isótropo y homogéneo la velocidad de propagación de las ondas P es:

$$v_p = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\mu}{\rho}}$$

**K** : Es el módulo de incompresibilidad / **μ** : Es el módulo de corte o rigidez

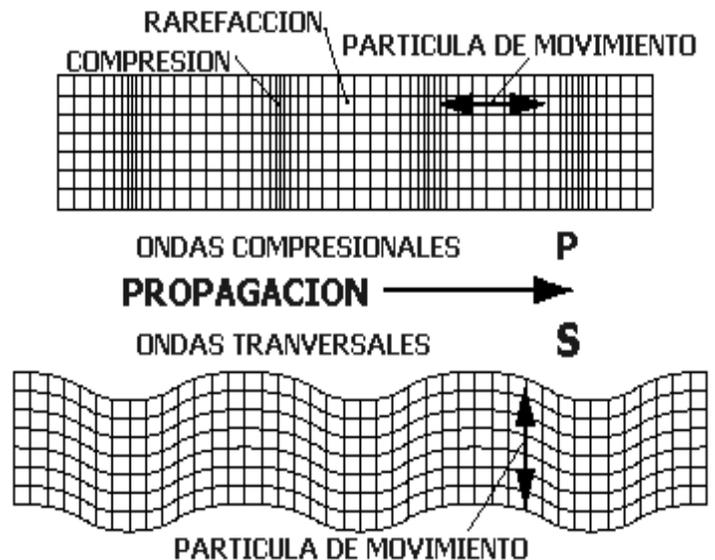
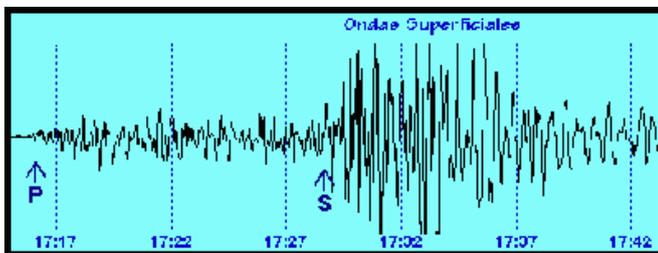
**ρ** : La densidad del material a través del cual se propaga la onda mecánica.

De estos tres parámetros, la densidad es la que presenta menor variación por lo que la velocidad está principalmente determinada por  $K$  y  $\mu$ .

### Las ondas S: 102

Las ondas S (secundae undae) son ondas cuyo desplazamiento es transversal a la dirección de propagación. Su velocidad es más baja que la velocidad de las ondas primarias. Estas ondas aparecen en el terreno un tiempo después que las primeras. Ellas generan las oscilaciones durante el movimiento. La velocidad de propagación de las ondas S en medios isótropos y homogéneos depende del módulo de corte  $\mu$  y de la densidad  $\rho$  del material.

$$v_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$



Arriba: grabación de la velocidad de una onda sísmica, la parte delgada representa las ondas P (17:17 hasta 17:27) y la segunda parte más ancha representa las ondas S (17:27 hasta 17:42).

Derecha: tipos de ondas sísmicas "S" y "P".

### 2- Las ondas "superficiales": 103

Las ondas superficiales constituyen la segunda fase de vida de las ondas de volumen, que se transforman cuando llegan a la superficie terrestre, en el punto límite de los ambientes sólido y líquido necesarios para la propagación de las ondas P y S.

Las ondas superficiales se propagan en paralelo a la superficie terrestre, se dividen en dos grupos:

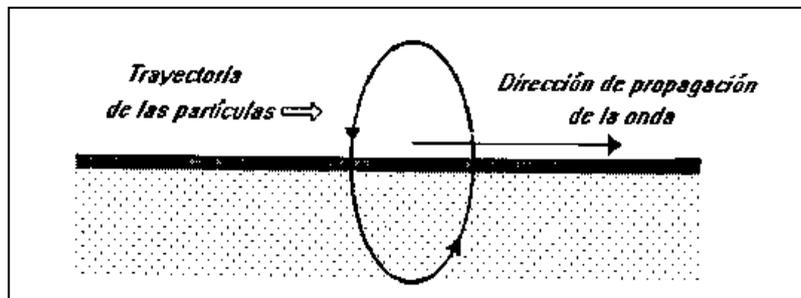
Las ondas de Rayleigh (R):

Las ondas Rayleigh, también denominadas “Ground roll”, son ondas superficiales que producen un movimiento elíptico retrógrado del suelo. Su velocidad llega hasta 92% de la velocidad de las ondas S, y la amplitud de sus movimientos disminuyen exponencialmente con la profundidad. La existencia de estas ondas fue descubierta por John William Strutt, Lord Rayleigh, en 1885.

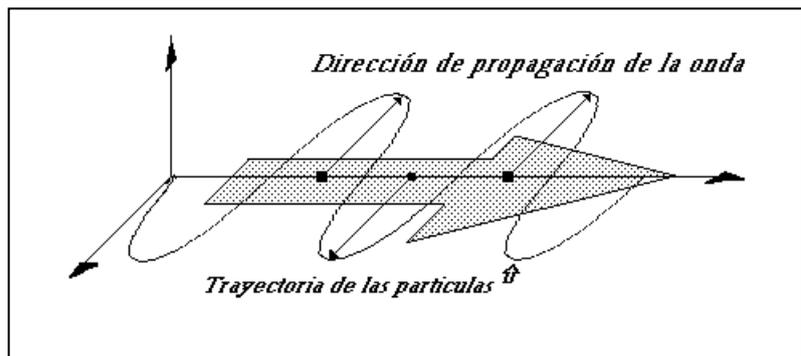
Las ondas de Love (L):

Las ondas Love son ondas superficiales que producen un movimiento horizontal de corte en superficie. Se denominan así en honor al matemático británico A.E.H. Love quien desarrolló un modelo matemático de estas ondas en 1911. La velocidad de las ondas Love llega al 90% de la velocidad de las ondas S y es ligeramente superior a la velocidad de las ondas Rayleigh.

Las ondas sísmicas: RAYLEIGH



Las ondas sísmicas: Love



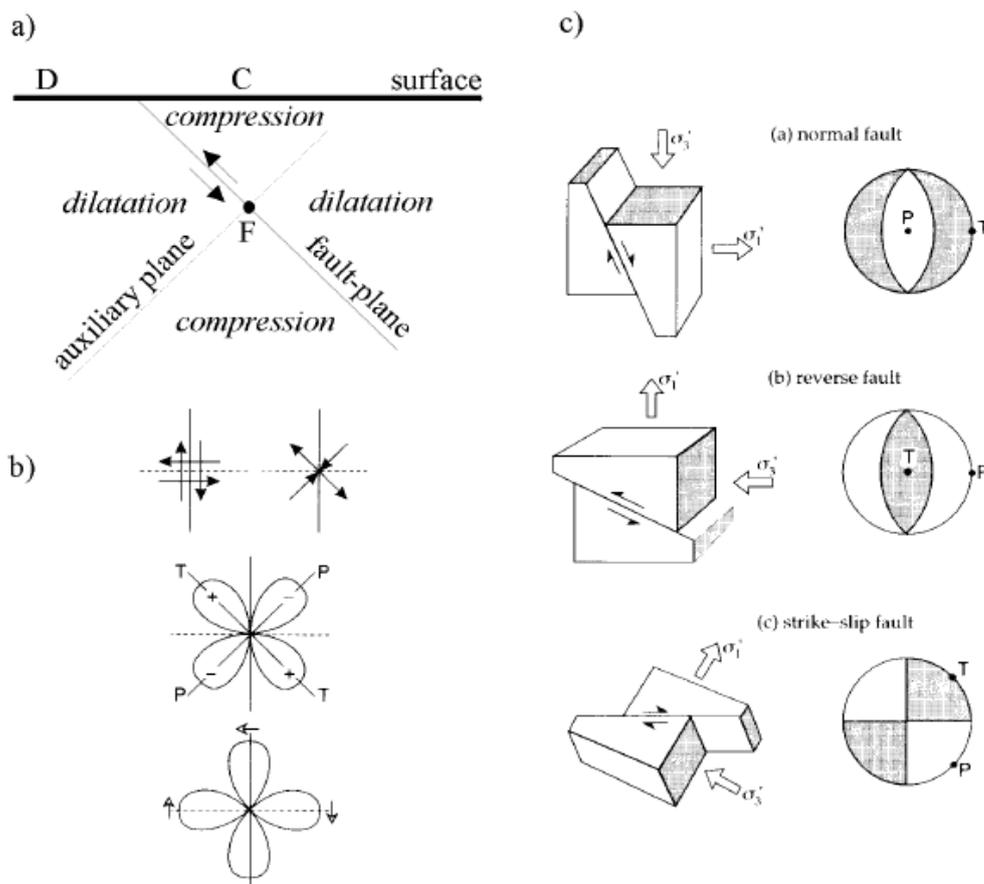
### 1.2.2 - Las fuentes sísmicas

En realidad, la fuente de un sismo es el área o el volumen de la ruptura de la falla asociada con la energía producida. En general, como las estaciones están ubicadas a una distancia larga de la falla, nos deja interpretar la zona de ruptura como un punto en lugar de una superficie. Eso facilita entender los mecanismos del sismo. <sup>104</sup>

Si consideramos una sección vertical perpendicular al plan de la falla normal donde se ubica el focus “F”, cuando la falla se vuelve en movimiento eso genera zonas de compresión y zonas de dilatación en cada lado de la falla en simetría inversa. <sup>104</sup>

Cuando las ondas P cruzan la zona de compresión, estas ondas empujaran el suelo hacia arriba (parte C en el dibujo), por el otro lado, cuando las ondas P cruzan la zona de dilatación estirarán el suelo hacia abajo. Como las ondas P son las primeras que llegan al suelo podemos distinguir las ondas p de dilatación y de compresión a partir del sismógrafo. 104

La imagen siguiente nos muestra los dibujos de las radiaciones de la amplitud de las ondas P y S. El radio nos muestra el nivel de amplitud de cada onda sísmica en su dirección a partir del plan de ruptura de la falla. Hay que saber que la amplitud máxima de compresión se sitúa al largo del eje T con un ángulo de 45° con el plan de ruptura de la falla, y que la amplitud máxima de dilatación se sitúa al largo del eje P con un ángulo de 45° con el plan de ruptura de la falla. T y P son las fuerzas de tensión y compresión antes que el deslizamiento de la falla tenga lugar. La orientación de estos ejes y el plan de la falla así que los planes auxiliares pueden ser obtenidos a partir del análisis de la dirección del primer movimiento grabado en el sismógrafo. 104



**a)** Region of compression and dilatation around an earthquake focus, separated by the fault-plane and the auxiliary plane, **b)** azimuthal patterns of amplitude variation for double-couple earthquake source models, and, **c)** the three main types of fault and their focal mechanism.

104

### 1.2.3- La Magnitud del seísmo:

La magnitud es un valor calculado a partir de la amplitud de las ondas sísmicas, es decir que está en relación directa con la energía liberada a la fuente del seísmo. Es el científico Americano Charles Richter que ha definido la magnitud local ML de un seísmo como un logaritmo decimal de la amplitud máxima de la onda S, medida en Micrón, y grabada por un sismógrafo ubicado a 100Km del epicentro instalado sobre un suelo duro. Como los epicentros no son todos a la misma distancia, para obtener unas amplitudes equivalentes a una distancia de 100 km del epicentro, hay que corregir los valores grabados. <sup>105</sup>

Cuando la magnitud ML= 0 quiere que la amplitud corresponde a 1μ, y cuando la amplitud es más baja, quiere decir que la magnitud es negativa. Hay que saber que cuando una magnitud aumenta de una unidad la amplitud aumenta de 10 unidades. <sup>106</sup>

$$Ml = \text{Log } S + \text{Log } So (\Delta)$$

Como la red de los sismógrafos en el globo no es muy densa, no se puede establecer fácilmente la magnitud local de todos los seísmos, y en este caso vamos a usar otros tipos de magnitud que la nueva tecnología puede procurarnos: <sup>106</sup>

- Magnitud de las ondas de superficie Ms, que podemos establecer gracias a la amplitud máxima de las ondas de superficie de Rayleigh.

$$Ms = \text{Log } (S/T) + O' (\Delta z)$$

- Magnitud de las ondas de cuerpo Mb, que está en función de la amplitud máxima de las ondas P.

- Magnitud de duración Md, usada en general para demostrar la importancia de los seísmos pequeños cercanos de las estaciones de grabación M < 4,5.

- Magnitud de los momentos Mw, llamada también magnitud de Kanaromi, se usa en general en caso de seísmos muy violentos M > 7, donde las magnitudes Ml, Mb, Ms a veces son saturadas. La magnitud del momento se calcula a partir del momento sísmico Mo del seísmo quien depende de las características de la falla que movió:

$$Mo = \mu \cdot S \cdot D$$

μ: la rigidez del ambiente

S: es la superficie de la ruptura (determinada gracias a la grabación de las sacudidas que tienen sus epicentros alrededor de esta superficie). D: es el desplazamiento de la falla.

En el pasado la magnitud tenía un límite que es M=10, pero desde el seísmo de Sumatra en Asia del Sur la escala se volvió abierta sin límite, aunque los científicos

están seguros que hay un límite de la magnitud debido al límite de la energía física que puede generar el deslizamiento de la falla.

Muchas fórmulas matemáticas hechas por científicos demuestran la relación entre la magnitud y la energía liberada en el hipocentro “E” en Joule. En el caso de un sismo superficial usamos la formula siguiente: <sup>106</sup>

$$\text{Log } E = 4,8 + 1,5 M_w$$

$$M_w = 2/3 \cdot \text{Log } (M_0) - 10,7$$

Sin embargo, no hay que olvidar que estas fórmulas dan una estimación aproximada, porque dos sismos de la misma magnitud liberan cantidades de energía diferentes, debido a la diferencia de ambientes que las ondas cruzan antes de llegar a las estaciones de grabación.

En todo caso la fórmula matemática que usamos para calcular la magnitud de un sismo es : <sup>106</sup>

$$M = 2/3 (\text{Log } E - 4,8)$$

Podemos observar que cuando la magnitud sube de una unidad, la energía liberada sube de 32 unidades.

Magnitud	Efecto
M = 2-3	Se siente
M= 3-4	Se siente por toda la población
M= 5-6	Daños moderados
M= 7-8	Destructivo
M > 8	Devastador

#### 1.2.4 - La intensidad del sismo : <sup>107</sup>

La intensidad nos permite de estimar subjetivamente de los efectos del sismo sobre la construcción sin tomar en cuenta el número de víctimas. Existen casi 40 escalas de intensidad en el mundo, pero la más usada es la escala MSK establecida en 1964 por los científicos Medvedev, Sponheuer, Karnik. Esta escala toma en cuenta el tipo de construcción y el nivel de daños sobre las obras.

Las destrucciones que observamos son debidas a sismos de intensidad I=7 sobre la escala de MSK. La escala de MSK así que las otras no toman en cuenta las construcciones antisísmicas construídas especialmente para resistir a grandes sismos, como por ejemplo una central nuclear.

Con respecto a la relación entre la intensidad de un sismo y la magnitud de un sismo, no hay elementos claramente precisados. Así por ejemplo, en sismos de una magnitud parecida los daños pueden ser diferentes dependiendo de:

- la profundidad del hipocentro del sismo.
- la duración del sismo.
- la densidad así que de la calidad de las construcciones.
- la distancia de las zonas pobladas del epicentro.
- la topografía de la zona.
- las formaciones geológicas superficiales. (Las zonas compuestas de capas aluviales son las más afectadas por el sismo).

Los daños en las construcciones son debidos a la duración del sismo así que de su velocidad. Sin embargo las construcciones pueden resistir a sismos fuertes de corta duración, y destrozarse bajo un sismo menos fuerte con una duración más larga.

La duración del sismo está en relación con su magnitud así que de la distancia del epicentro y de la geología superficial del terreno. Podemos decir que los suelos sedimentarios (suaves) tienen un tiempo de sacudidas más largo que los suelos de rocas (rígidos).

$$E = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

E: Energía comunicada a las construcciones. m: La masa, V: La velocidad de las sacudidas.

Cuando la energía de las sacudidas no puede ser absorbida por las estructuras, se provocan daños en la construcción.

Muchas ecuaciones han intentado de poner una relación entre la velocidad de los sismos y la intensidad de los sismos. La ecuación más usada es la siguiente:

$$I = (\text{Log } 14V) / (\text{Log } 2)$$

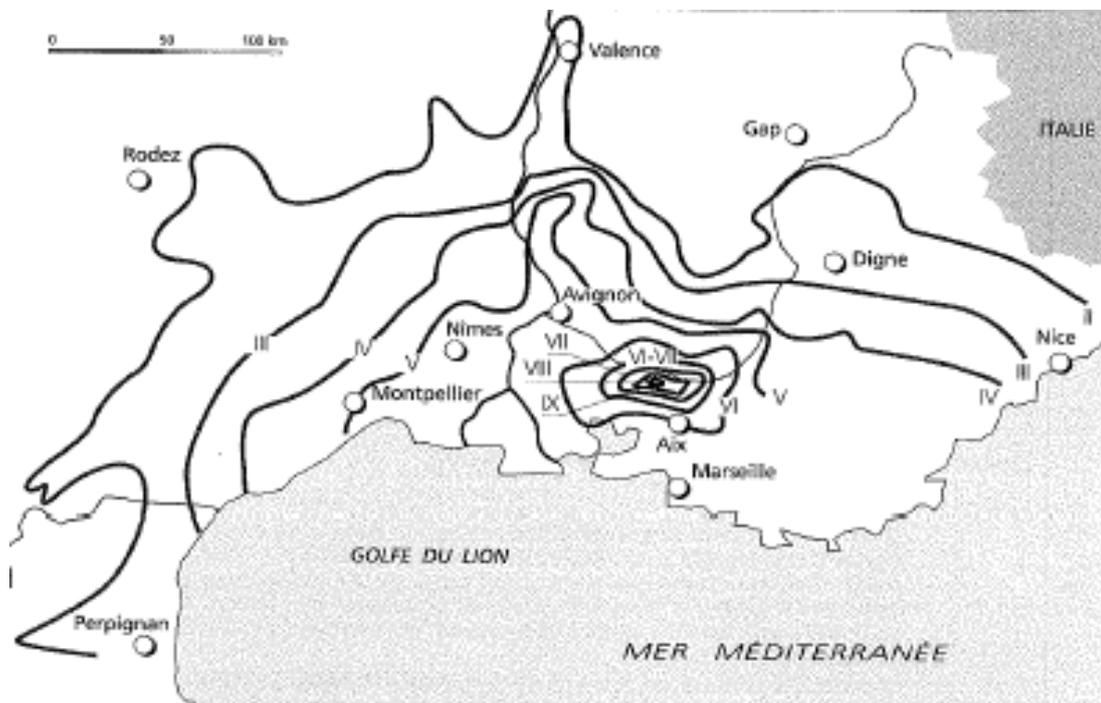
Donde V es la velocidad máxima de la tierra en cm/s.

El nivel de la intensidad sísmica se puede conocer después de una investigación en el terreno, por ejemplo con cuestionarios mandados a la población. Estos formularios nos

ayudan a establecer mapas de intensidad en forma de curvas isosistas que delimitan las zonas donde la intensidad del seísmo fue la misma. Hay que decir que no se puede establecer este tipo de mapas por los seísmos del mar, debido a la ausencia de daños.

Los mapas isosistas no son fiables por los errores que pueden cometerse al evaluar los daños en las construcciones. Pero de otro lado, nos permiten:

- Definir el rol de la topografía y los diferentes tipos de suelos en la amplificación del seísmo.
- Localizar los accidentes geológicos subterráneos que nos da informaciones sobre la fuerza del seísmo y la profundidad de su foco.



Mapa de intensidad del seísmo de Lambesc de 1909 (según Levret, Loup y Goula)

### **1.2.5- Instrumentos de grabación y medida de los seísmos: 109**

Las sacudidas están grabadas por instrumentos que se llaman sismógrafos, instrumentos que se han utilizado a partir del año 1930. Podemos encontrar muchos tipos de sismógrafos. La mayoría de los sismógrafos son fabricados bajo el principio del péndulo donde las vibraciones son grabadas. Es decir, el sistema se compone de una masa de grande inercia suspendida a un soporte solidario del suelo. Algunos sismógrafos modernos llegan hasta grabar las deformaciones del suelo. La grabación de las sacudidas se hace sobre un papel fotográfico o sobre una banda magnética que nos permite de visionar la grabación muchas veces.

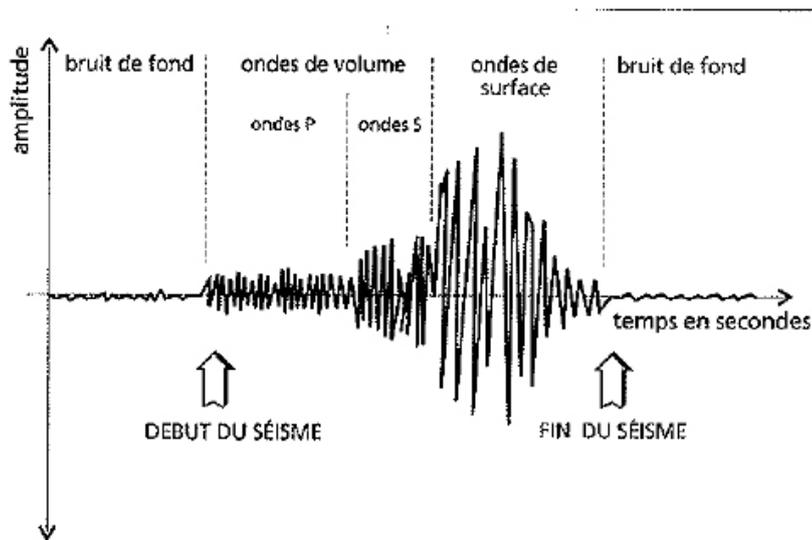
Los sismógrafos son muy sensibles, a veces es difícil de diferenciar entre una sacudida de un seísmo débil y otros tipos de sacudidas debidas a otras cosas. Estos sismógrafos de gran sensibilidad se componen de un mecanismo de amplificación mecánico, electromagnético, electrónico u óptico, que puede aumentar 100 veces más las amplitudes de los movimientos del suelo.

En general las estaciones de grabación de los seísmos, se componen de sismógrafos que tienen una frecuencia de vibración propia para no confundirse con la del suelo y entrar en una fase de resonancia.

La grabación de los seísmos en relación con el tiempo se llama sismograma. Esta se caracteriza por una grabación de los movimientos sísmicos en un sitio fijo y de un seísmo fijo. El mismo seísmo no puede darnos la misma grabación en otra estación, debido a que la distancia es diferente de la primera estación y que los ambientes que cruza el seísmo son diferentes de un lugar a otro.

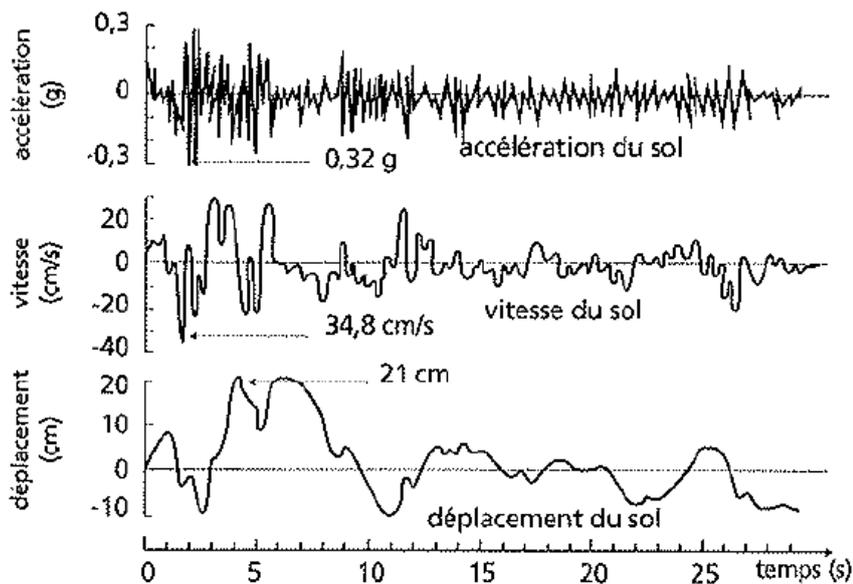
Sin embargo, dos seísmos de fuerzas iguales no pueden tener las mismas características por la diferencia de la ubicación del foco así que la forma y la dimensión de la fuente sísmica.

Los sismogramas nos proporcionan datos sobre la duración del seísmo que en general es de 30 a 40 segundos. Hemos también conocido algunas sacudidas que han durado casi 1 minuto. Los sismogramas nos permitan de localizar el epicentro del seísmo gracias al tiempo de llegada de las ondas en estaciones bastante lejanas del foco, porque las estaciones cercanas entregan grabaciones de las ondas transversales mezcladas con las ondas longitudinales, ya que no tienen tiempo de separarse.



Esquema de un sismograma: Ruido de fondo – Ondas de cuerpo- Ondas de superficie- Ruido de fondo. 110

Los movimientos débiles del suelo son grabados por sismógrafos que poseen un importante sistema de amplificación, estos movimientos no son peligrosos para las construcciones, porque en general los daños son provocados por movimientos más fuertes con un desplazamiento casi de 90cm. Los seísmos violentos son grabados por los sismógrafos de amplificación muy baja, que permite de medir los desplazamientos, la velocidad así que los movimientos de tierra en una dirección y en función del tiempo.



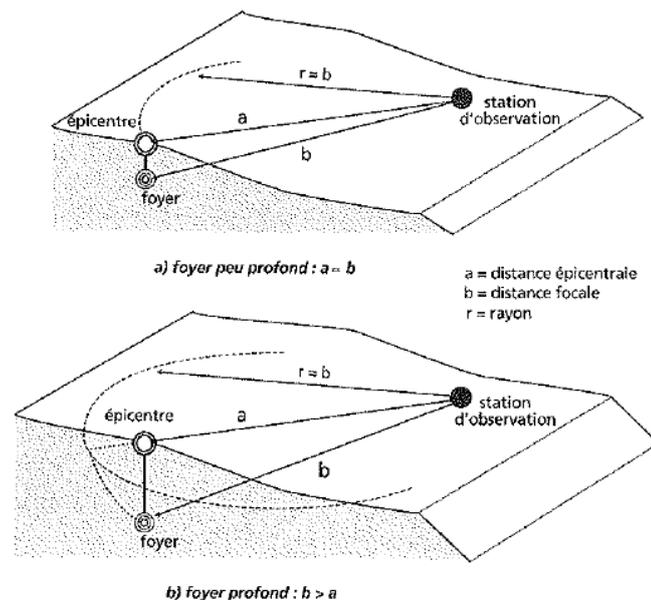
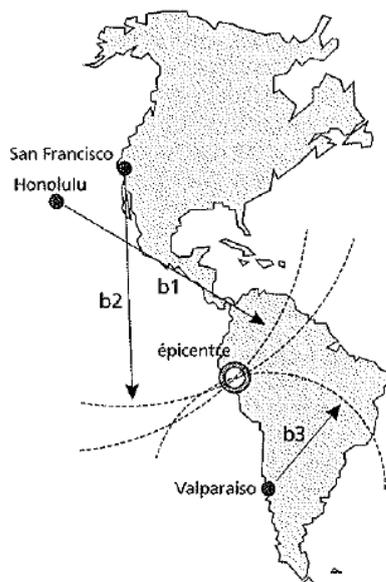
Grabación del seísmo de California del 18 de mayo 1940 (según Blume, Newmark y Corning) 111

## 1.2.6 - Ubicación del epicentro: 111

La distancia que separa las estaciones de observaciones del foco puede ser calculada gracias a la diferencia del tiempo de llegada de las ondas sísmicas. Por eso usamos grabaciones de estaciones suficientemente lejanas del epicentro para dejar el tiempo a las ondas longitudinales de separarse de las ondas transversales.

En el caso de sismos superficiales, la distancia del epicentro es casi igual a la distancia del foco. Para ello es suficiente de dibujar sobre el mapa tres círculos alrededor de tres estaciones de observación, donde el radio es igual a la distancia de cada estación. La intersección de los círculos es el epicentro. Hay que saber que los sismos superficiales representan 90% de los sismos.

En el caso de un sismo profundo hay que calcular la profundidad del foco porque en este caso la técnica de los círculos no funciona por la gran diferencia existente entre la distancia del epicentro y la distancia del foco.



a) foyer peu profond :  $a \approx b$

a = distance épicentrale  
b = distance focale  
r = rayon

b) foyer profond :  $b > a$

### Ubicación de un epicentro de un sismo:

En la izquierda tenemos un esquema que nos muestra los círculos establecidos alrededor de las 3 estaciones que se juntan en el epicentro. En la derecha los dibujos nos muestran el caso de un sismo superficial (arriba) y un sismo profundo (abajo) 112

## 1.3- Efectos secundarios de los seísmos:

### 1.3.1- Efectos sobre el terreno: 113

Durante un seísmo ocurren algunas deformaciones sobre el terreno, pero cuando la magnitud del seísmo es alta eso puede provocar corrimientos de tierra muy peligrosos y causar mucho daño, incluso destrucción en las construcciones. Como por ejemplo en el seísmo de Chile en 1960 con una magnitud de 8,5, casi 20 000Km<sup>2</sup> de tierra se ha desplazado de casi dos metros, sin olvidar también el seísmo en China (Kansu) de 1920 con la misma magnitud, y que provocó corrimientos de tierra sobre una distancia de un kilómetro, así que la formación de nuevos lagos y colinas.

Por eso podemos dividir los efectos de los seísmos sobre un sitio natural en dos partes:

Efecto directo: estos efectos son debidos directamente a las vibraciones generadas por un seísmo de una amplitud que va de unos milímetros hasta un metro para los terremotos más fuertes. Por ejemplo: deformaciones del suelo, oscilación de las construcciones, y que pueden generar cambios importantes en la hidrología de la zona.

Efecto indirecto: estos efectos debidos a los seísmos son grandes movimientos de suelo o de agua, donde el terremoto juega un rol de resorte de los efectos siguientes: corrimiento, avalancha, caída de rocas, licuefacción, tsunami. Estos efectos indirectos son a veces más peligrosos que el seísmo mismo, por ejemplo el caso de un corrimiento de tierra, que puede destrozar una construcción aunque esta última sea construída bajo normas antisísmicas rigurosas. Por eso, antes de construir un edificio o cualquiera obra, hay que estudiar la formación geológica de la zona.

a- Licuefacción: las sacudidas sísmicas influyen a veces sobre los suelos de arena saturados de agua, porque la resistencia a la deformación del suelo sin cohesión (granular) depende solamente de los frotamientos entre los granos los cuales aumentan en la medida que aumenta la presión que se transmite de un grano a otro. En el caso de la arena seca, esta presión aumenta cuando el movimiento sísmico ocurre, porque con las vibraciones la arena se compacta más. Este tipo de suelo “arena seca y compacta” se

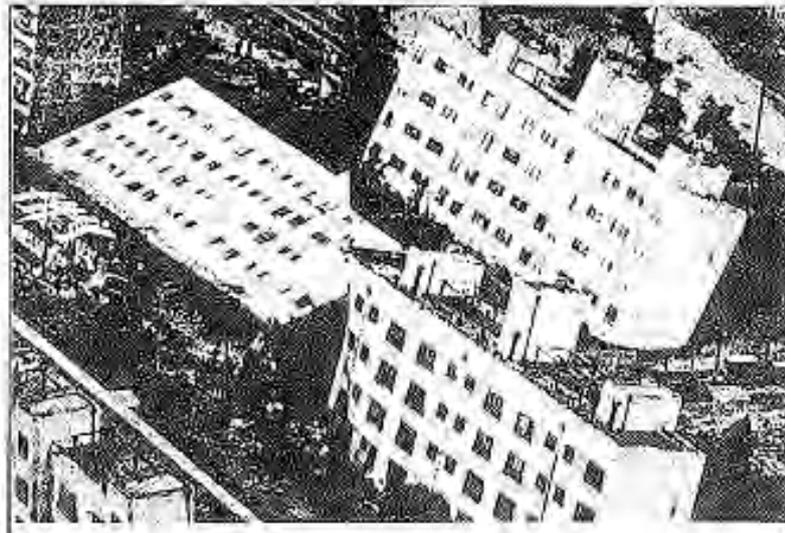
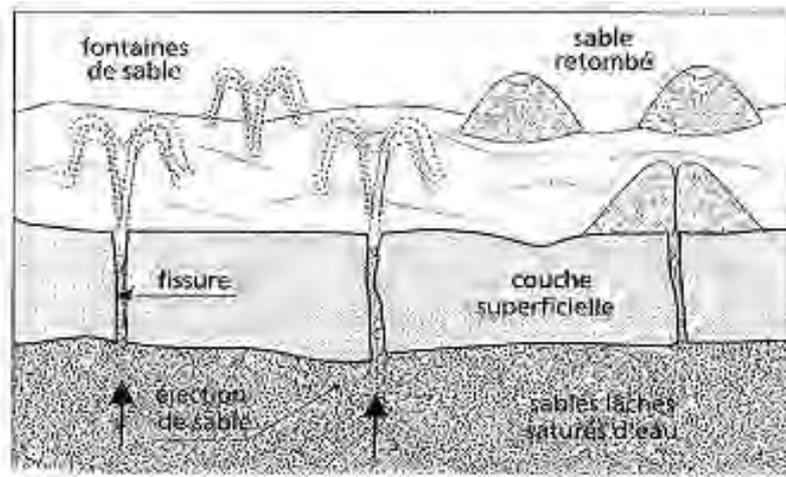


Imagen de arriba: Licuefacción del suelo. La imagen muestra fisuras con fuentes de arena.

Imagen de abajo: Licuefacción del suelo de las fundaciones, en Nigata, Japon 1964.<sup>114</sup>

vuelve en un suelo muy bueno, pero a condición que las fundaciones sean construídas para poder resistir a los asientos diferenciales.

En el caso de un suelo de arena saturado de agua, los frotamientos entre los granos son muy pocos lo que induce que las fuerzas que estos pueden transmitir bajan mucho y disminuye la resistencia del suelo, sobre todo cuando las vibraciones sísmicas ocurren. Este fenómeno puede anular los frotamientos entre los granos y vuelve el suelo en un estado de líquido lo que se llama "licuefacción".

La licuefacción ocurre en general en los suelos con granos pequeños, finos, uniformes. Los suelos de arena compacta no son sujetos a la licuefacción, a veces ocurre de manera parcial.

La licuefacción puede ocurrirse solamente en las capas superficiales de la tierra (menos de 20m de profundidad), lo que pone las construcciones hechas sobre este tipo de suelo en peligro. Para asegurar las obras, las fundaciones deben ser profundas, buscando el buen suelo. La licuefacción se observa en general a partir de la emergencia de lodo o de las fuentes de arena expulsadas por la presión del agua, dejando formas de volcanes pequeños.

Las construcciones hechas sobre suelos con riesgo de licuefacción, se hundirán dentro de la tierra, causando la destrucción de la obra.

b- Corrimientos de tierra: 115

Los corrimientos y los hundimientos tienen dos orígenes:

- La degradación de las propiedades mecánicas del suelo:

Esto es debido al agua de origen múltiple: lluvia, nieve, napas acuíferas, mar, río, depósitos de agua, inundaciones y otros. Durante un sismo algunas canalizaciones pueden romperse y liberar cantidades de agua que fragilizarán la resistencia del suelo, lo que puede provocar un corrimiento o un hundimiento después de un segundo sismo de magnitud considerable.

- La aumentación de las tensiones internas en el suelo:

Durante un sismo el suelo está bajo tensiones internas que pueden provocar corrimientos o hundimientos, además de las tensiones permanentes provocadas en general por el hombre: vibración de una red de autopista, depósito de materiales, explosiones de minas, sobrecarga de terraplén y otros.

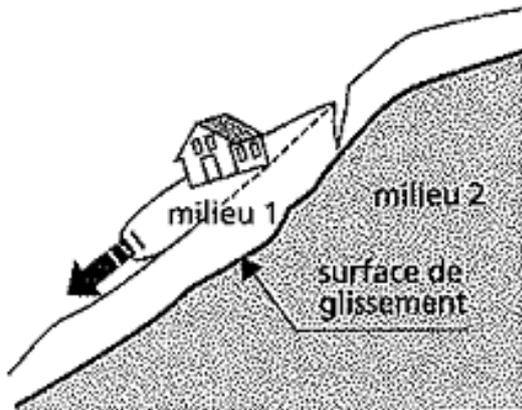
1- Corrimientos de tierra (suelo flexible):

Los corrimientos de tierra de suelo flexible son de dos tipos, el primero es un corrimiento de una capa de tierra que está sobre otra capa de características diferentes, el segundo es un corrimiento de tierra rotacional de un suelo homogéneo.

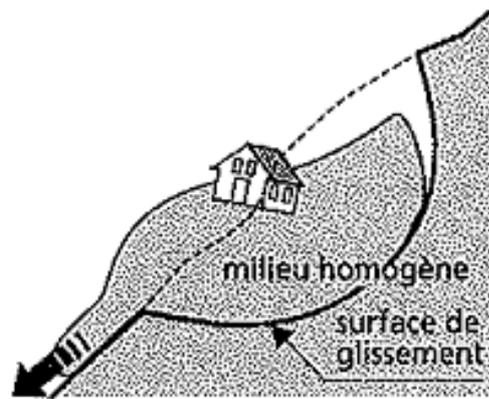
Algunos suelos pueden tener más riesgo de corrimientos que otros como, los suelos arcillosos, suelos con granos finos, suelos de licuefacción, y otros.

2 – Movimientos de rocas:

Este fenómeno ocurre sobre colinas de rocas a partir de fisuras pequeñas que se ensanchan o de una falla o línea de estratificación. La presencia de arcilla y de arena aumenta el riesgo de desprendimiento de la roca. Si la fisura de la roca no ha llegado a su longitud crítica, ella puede producirse con la acción de una energía externa como por ejemplo, un sismo. La caída de la roca puede ocurrir mucho tiempo después del sismo, esto ocurre cuando el sismo no ha producido la energía suficiente para que la fisura llegue a su longitud crítica.



**a) glissement plan**



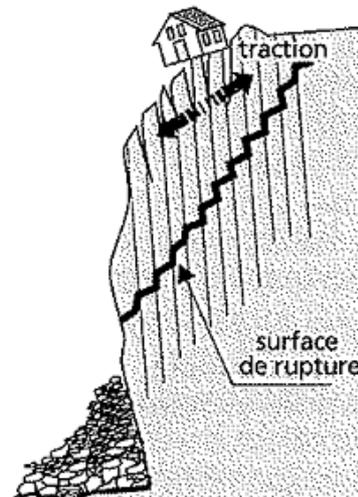
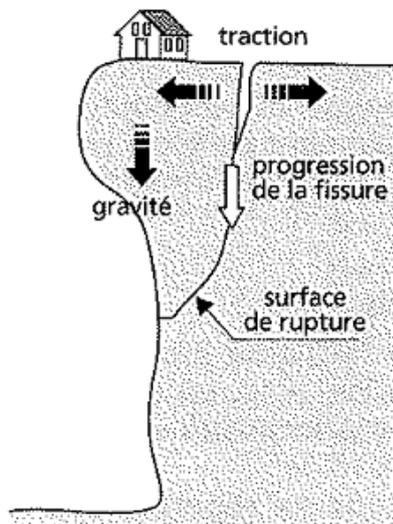
**b) glissement rotationnel**

116

Corrimiento de tierra:

a) corrimiento de tierra en plan (sobre una superficie de deslizamiento con dos tipos diferentes de suelo)

b) corrimiento de tierra rotacional (sobre una superficie de deslizamiento con un solo tipo de suelo)



Ruptura de suelo, caída de rocas: combinación de fuerzas de tracción y de la gravedad. 116

120

c- la emergencia de la falla del suelo: 117

Este fenómeno puede pasar cuando la magnitud del seísmo es más de 6, es decir un seísmo fuerte y peligroso. Esta energía hace desplazar el suelo hacia arriba o abajo, lo que da al paisaje una nueva imagen. Estos movimientos pueden ser grandes, de muchos metros.

### **1.3.2- Efectos sobre el mar:**

- Tsunami:

Los seísmos submarinos pueden generar ondas de longitudes grandes de 80km y hasta de 400km, que se desplazan con una velocidad que puede llegar a 600Km/h., e incluso hasta 800 Km. /h., guardando su energía durante todo el trayecto. Estas ondas se llaman Ondas solitarias (Ondes solitaires) que pertenecen a la familia de los fenómenos soliton.  
118

- Terremoto del mar:

Conocido bajo el nombre inglés “Seaquake”, este fenómeno puede generar vibraciones de agua importantes, con choques fuertes sobre los barcos, debidos a una oscilación vertical del fondo marino. 118

- seiches:

En los lagos, estanques o bahías cerradas puede tener lugar este fenómeno. Estos espacios de agua cerrados pueden generar vibraciones fuertes llegando a un mismo nivel de resonancia que las vibraciones del seísmo, lo que puede provocar daños sobre los elementos flotantes así sobre las canalizaciones y redes del agua así que en las viviendas cerca del mar. Este fenómeno ocurre en general lejos del epicentro donde las ondas de baja frecuencia llegan, debido a que la frecuencia de oscilación de las retenciones de agua son bajas. 118

## **1.4- Vulnerabilidad de una obra durante un seísmo:**

### **1.4.1- Definición de la carga sísmica: 119**

Como lo hemos visto, los efectos indirectos de un seísmo pueden ser muy peligrosos para un edificio, y para protegerlo se necesita medios importantes, por esta razón, es mejor de construir sobre terrenos estables.

Por otra parte, los efectos directos pueden generar efectos indirectos sobre la construcción como el fuego, explosión y polución química.

Las ondas provocan movimientos en las construcciones, que son horizontales, verticales así que esfuerzos de torsiones. Estos movimientos desarrollan una fuerza de inercia en las construcciones de dirección contraria a los movimientos de suelo, que permite a los

edificios mantener una estabilidad. Estas fuerzas de inercia solicitan la superestructura y más la masa de la construcción es grande, más las fuerzas de inercia serán grandes. Entonces los edificios ligeros son menos solicitados que los de grandes masas.

Los edificios altos realizados en hormigón armado o en acero y cuya construcción ha sido basada en cálculos para poder resistir al viento, resisten muy bien a los seísmos.

#### 1.4.2- Esfuerzos sísmicos horizontales: 120

Los edificios son más débiles a las fuerzas horizontales porque la rigidez horizontal es más baja que la rigidez vertical, porque la parte horizontal conoce deformaciones y desplazamientos importantes.

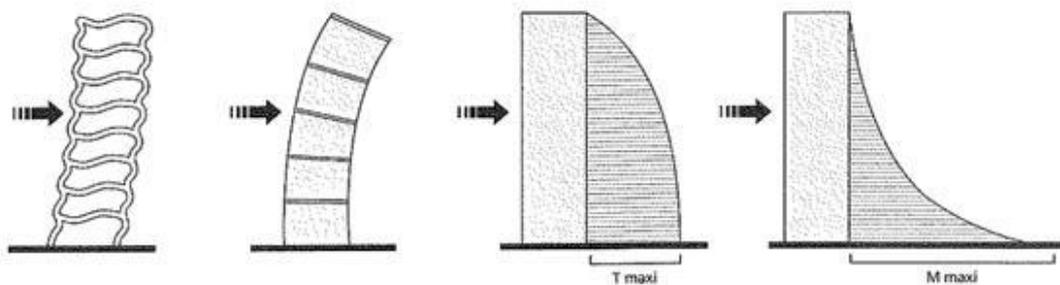
En el caso de un edificio alto y flexible, los desplazamientos grandes se encuentran al origen de la destrucción de elementos no estructurales como la fachada.

La flexión así que el esfuerzo de corte pueden romper el material de construcción sobre todo en la base del edificio donde son muy importantes.

El esfuerzo de corte puede generar un deslizamiento de la súper estructura sobre la parte de fundaciones, así que las fisuras sobre los muros en mampostería y hormigón en diagonal.

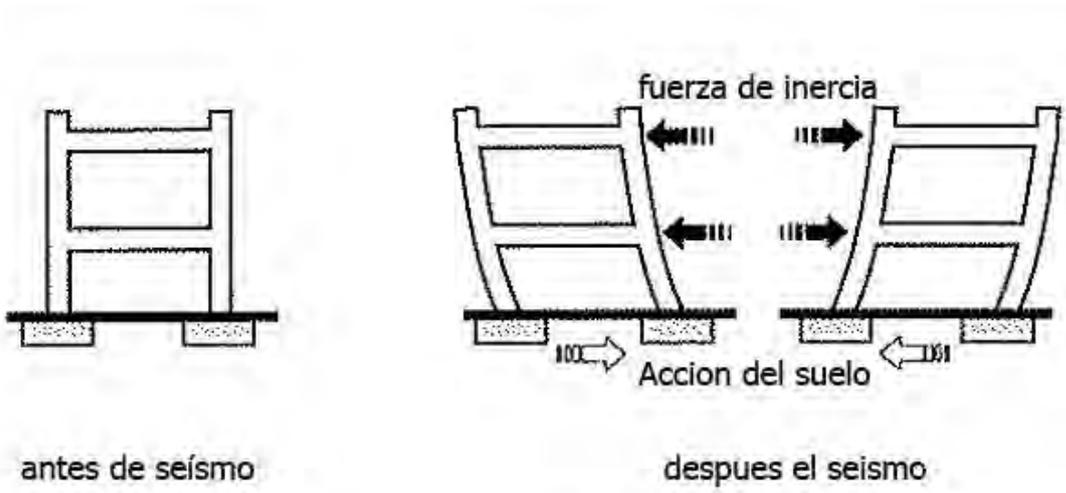
En cuanto a los esfuerzos de flexión, estos provocan una destrucción de los elementos estructurales en las partes comprimidas. Los esfuerzos de-tracción provocan destrucción en las partes estiradas.

Hay también, que hablar de un esfuerzo que se llama “P DELTA” debido a la pérdida del eje central de las cargas verticales que por la oscilación de los pisos desarrollan esfuerzos axiales sobre los pilares.

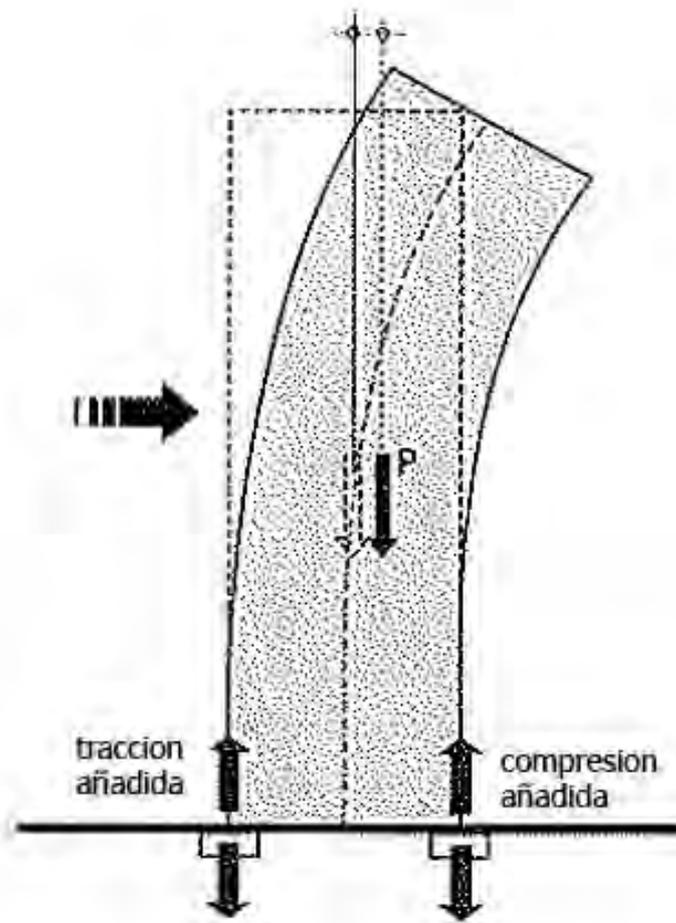


- 1-Edificio con pórticos: efecto cortante del conjunto (desde la izquierda)
- 2- Edificio con muros estructurales: flexión del conjunto
- 3- Esfuerzo cortante
- 4- Momento de flexión.

**Edificios grandes: deformaciones así que la distribución de los esfuerzos.** (120)



Esfuerzos horizontales debidos a los movimientos del suelo 120



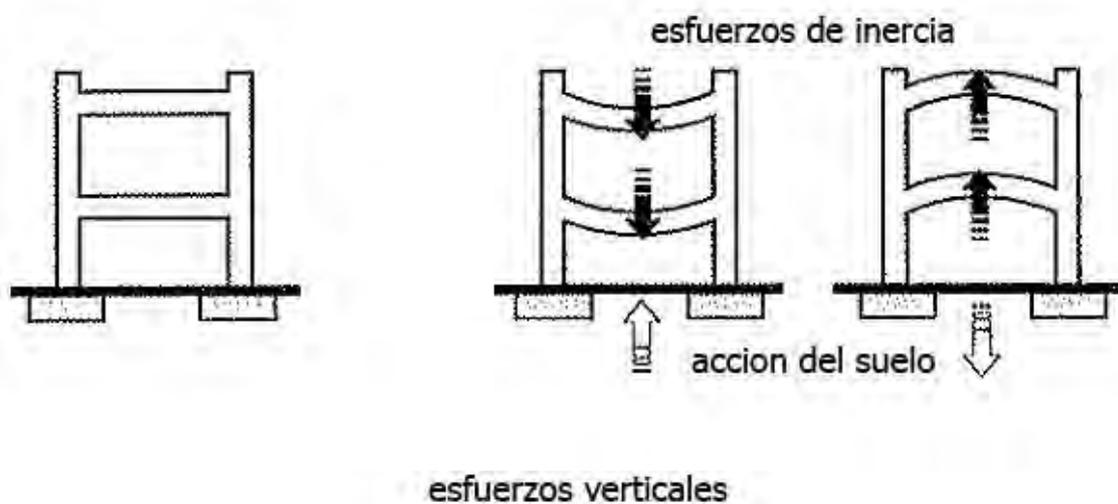
Efecto P-Delta 120

### 1.4.3- Esfuerzos sísmicos verticales:

Las oscilaciones verticales son importantes sobre todo en las zonas del epicentro. **En los suelos superficiales o los relieves, las oscilaciones son de alta frecuencia, y son muy cercanas de las oscilaciones de las construcciones.** Esto aumenta de una manera importante los esfuerzos que las construcciones deben absorber, porque en general **los edificios tienen una rigidez vertical grande los que la deja vibrar a unas frecuencias altas.** 121

**Las oscilaciones verticales no son muy peligrosas para los pilares** salvo si hay una sollicitación mixta “Flexión-Compresión”. Sin embargo, estas oscilaciones verticales **son peligrosas para los elementos de estructura horizontal** como los arcos, vegas, y otros. 121

En todo caso, el peligro que las oscilaciones verticales disminuye en relación de la distancia entre la construcción y el epicentro. Más la construcción está lejos del epicentro, más las oscilaciones son débiles. 121



Esfuerzos verticales debidos a los movimientos del suelo 121

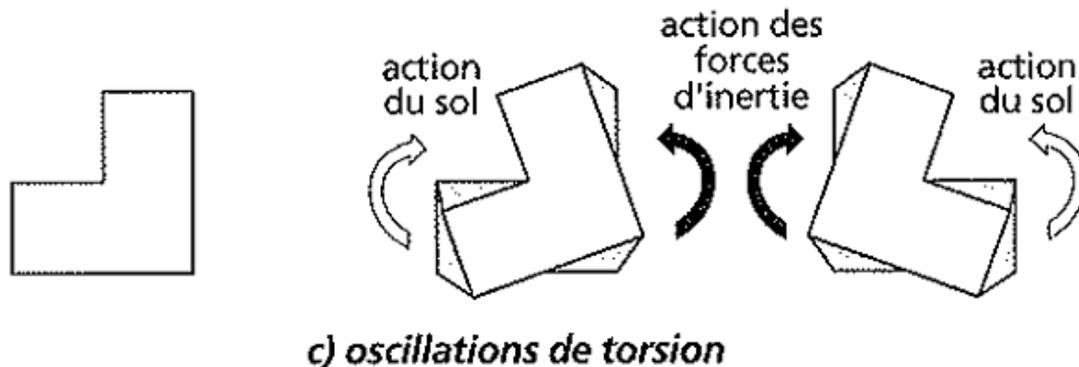
### 1.4.4- Esfuerzos sísmicos de torsión

**Los desplazamientos horizontales producen esfuerzos de torsión en la construcción,** ellos son muy importantes en los edificios de forma irregular, o con un contraviento irregular, lo que quiere decir que el centro de gravedad (donde pasa la resultante de los esfuerzos sísmicos) no es igual al centro de rigidez (que es el centro de resistencia de los esfuerzos laterales). Cuando los elementos verticales rígidos que aseguran el contraviento no son simétricos con el centro de gravitad de la construcción, eso genera una pareja de fuerzas de torsión horizontal. El centro de rigidez actúa como un punto de rotación y la distancia que lo separa del centro de gravitad representa el

brazo de palanca de las fuerzas de torsión horizontal. Este último puede ser variable según la dirección del seísmo y de la complejidad de la forma del edificio. **Cuando la distancia entre el centro de rigidez y el centro de gravedad es grande, eso puede provocar destrucciones importantes en el edificio y hasta su colapso.**

Aunque el edificio sea de forma simétrica y simple, él puede sufrir esfuerzos de torsiones debido a los movimientos variables del suelo o a un desplazamiento del centro de gravedad causado por una diferencia de distribución de las cargas temporales en el edificio (machinas, bodegas, actividad humana...), defectos de ejecución, defectos recogidos durante seísmos pasados.... y otros.

Los edificios que más pueden sufrir de estos esfuerzos son los que tienen formas complejas así que los edificios largos sin juntas.



Esfuerzos de torsión debidos a los movimientos del suelo 121

### 1.4.5 -Daños causados por los esfuerzos sísmicos:

#### 1- Mampostería destrozada: 122

Las causas principales:

- Rotura de la mampostería por los esfuerzos de corte y de tracción.
- Arranque de las vigas y de la armazón

Defectos principales:

- Ausencia de encadenamiento vertical y horizontal.
- Ausencia de un forjado rígido.
- Techo pesado y no suficientemente reforzado.
- Uniones débiles entre los diferentes elementos.

- Mala ejecución.

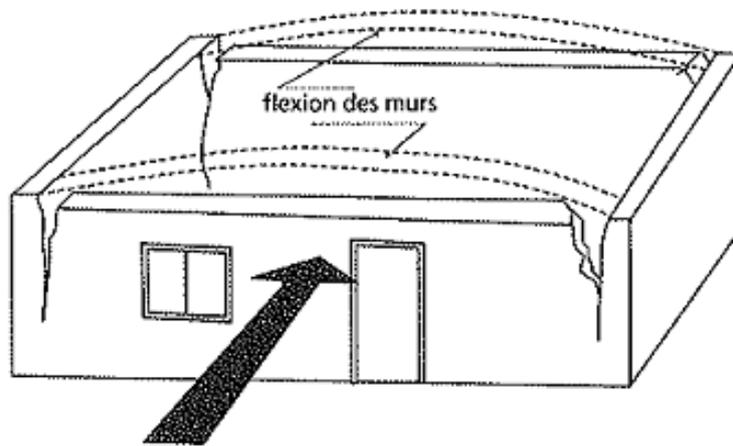
## 2- Rotura de la mampostería en los ángulos: 122

Las causas principales:

- Flexión de los muros

Defectos principales:

- Ausencia de un techo rígido
- Muro muy largo no reforzado y sin juntas.
- Ausencia de encadenamiento vertical y horizontal.



Rotura de la mampostería en los ángulos 122

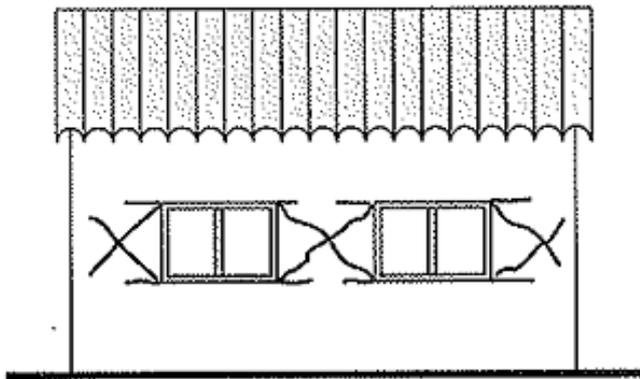
## 3- Fisuras en las entreventanas y el alfeizar : 122

Las causas principales:

- Esfuerzos de tracciones debidos a las flexiones de muros. (fisuras horizontales)
- Esfuerzos de cortes sobre los muros (fisuras en X)

Defectos principales:

- Ausencia de encadenamiento de las ventanas.
- Ausencia de un techo rígido.



Fisuras en las entreventanas 122

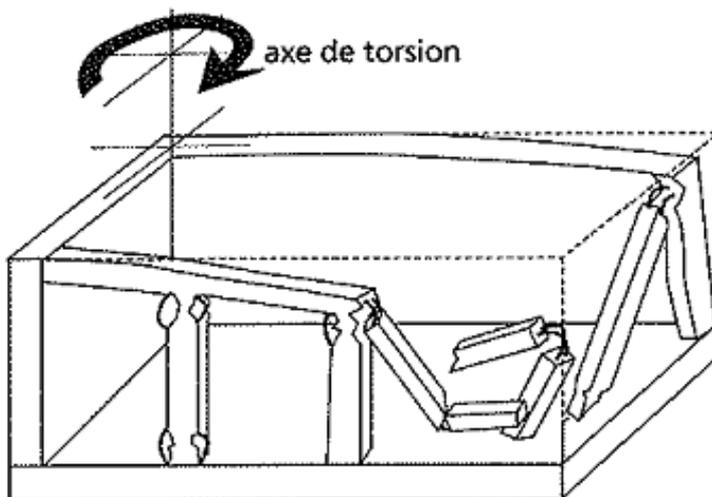
4- destrucción parcial de la fachada: 122

Las causas principales:

- La torsión del conjunto.

Defectos principales:

- La disposición en desequilibrio de los elementos rígidos.



Destrucción de un ángulo debido a los esfuerzos de torsión. 122

(Mirar el eje de torsión en el dibujo)

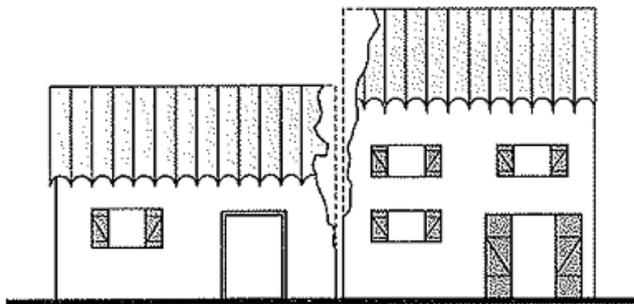
5- destrucción de los muros medianeros separados por una junta: 122

Las causas principales:

- choques entre las casas.

Defectos principales:

- anchura insuficiente de las juntas.
- Junta llena de materiales.



Destrucción de los muros medianeros separados por una junta 122

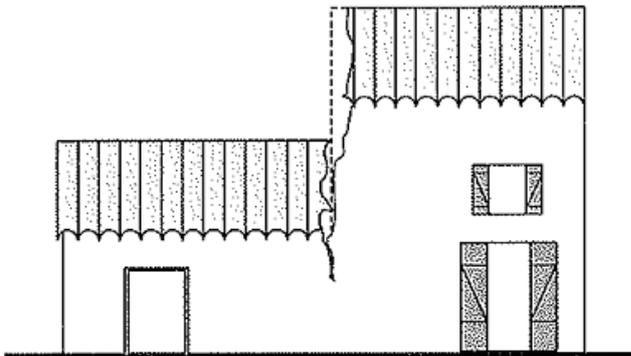
6- destrucción de los muros medianeros : 122

Las causas principales:

- concentración de los esfuerzos en el muro debido a la diferencia de frecuencia de oscilación de las dos construcciones.

Defectos principales:

- ausencia de una junta ancha y vacías de materiales.



Destrucción de los muros medianeros. 122

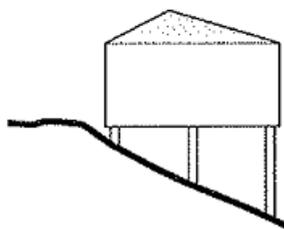
## 7- Planta baja atropellada: 122

Las causas principales:

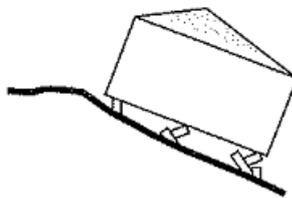
- Corte de los pilares de la planta baja.

Defectos principales:

- Diferencia de rigidez entre el primer piso y la planta baja.
- Pilares no suficientemente altos.



*avant le séisme*



*après le séisme*

Planta baja atropellada. 122

(Vista de antes y después del seísmo.)

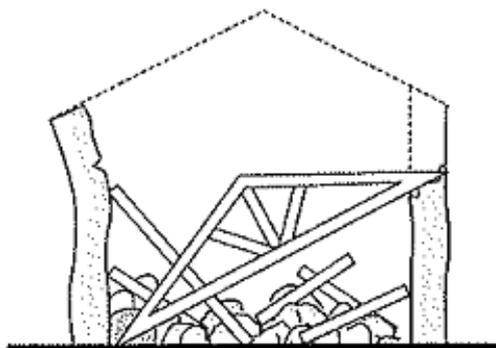
## 8- Caída del techo : 122

Las causas principales:

- La fuerza de inercia generada en el techo.
- Deformación importante de los muros.

Defectos principales:

- Ausencia de encadenamientos de los muros.
- Techo muy pesado.
- Anclaje insuficiente de la armazón.
- Contraviento incorrecto en el techo.

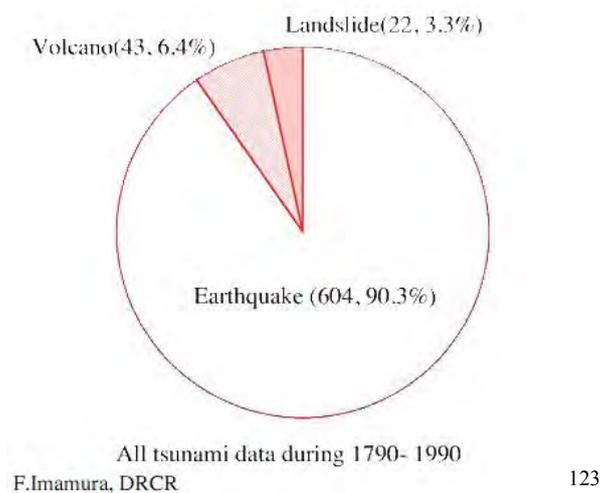


Caída del techo. 122

## 2- El Tsunami

### 2.1- El origen del Tsunami

El término “tsunami” o maremoto quiere decir “ola grande” u “ola del puerto” (de la palabra japonesa “TSU” que quiere decir puerto o bahía, y “NAMI” que quiere decir ola). El tsunami es una ola o un grupo de olas de gran tamaño y de gran energía ocasionado por gran fenómeno que desplaza verticalmente una gran cantidad de agua. Casi el 90% de los tsunamis son originados por los seísmos. La energía de un tsunami depende mucho de la altura de la ola y de su velocidad. Algunos tsunamis pueden ser ocasionados por corrimientos de tierra, erupciones volcánicas, caída en el mar de meteoritos, o por el hombre (ejercicios nucleares dentro el mar).<sup>123</sup>



123

Los tsunamis han hecho muchas víctimas en el pasado, los más conocidos son: <sup>124</sup>

#### Tsunami de Santorini 1650 A-C:

Algunos autores afirman que el mito de la “Atlántida” está basado en la dramática desaparición de la Civilización Minoica que habitaba la Isla de Creta en el siglo XVI A-C. Según esta hipótesis, las olas producto de la explosión, irrumpieron en la isla volcánica de Santorini causando la destrucción de la ciudad de Teras y de su principal puerto comercial. Las olas habrían tenido de una altura de 100 ó 150 m, devastando puertos importantes en la costa norte de la isla, como el de Cnosos.

#### Tsunami de Lisboa 1755:

Se conservan muchas descripciones de olas catastróficas en la Antigüedad, especialmente en la zona mediterránea. Miles de portugueses que sobrevivieron al gran sismo de Lisboa en 1755 murieron en los instantes posteriores debido a un maremoto.

#### Tsunami de Krakatoa 1883:

En 1883 la erupción volcánica del Krakatoa generó una ola de aproximadamente 45 m de altura, provocando más de 35.000 víctimas, aparte de las víctimas ocasionadas por la explosión volcánica.

#### Tsunami de Messina 1908:

El 28 de diciembre de 1908 se produjo un terrible terremoto en las regiones de Sicilia y de Calabria, en el sur de Italia. Fue acompañado de un maremoto que destrozó completamente la ciudad de Messina. De una población de 150.000 habitantes, se calcula que murieron cerca de 70.000 personas. La ciudad fué reconstruída en el mismo lugar.

#### 1946 - Tsunami del Pacífico:

Un terremoto en el Pacífico provocó un Tsunami que hizo 165 víctimas en Hawai y Alaska. Este tsunami ha empujado a los estados de la zona del Pacífico a instalar un sistema de alertas el cual entró en funcionamiento en el año 1949.

#### 1958 – Tsunami en Alaska

El 9 de julio de 1958, en la bahía Lituya, al noreste del golfo de Alaska, un fuerte sismo, de 8,3 grados de la escala de Richter, ocasionó el desplazamiento de una montaña entera, generando una ola de 500 metros de altura.

### 1960 - Tsunami de Valdivia:

El terremoto de Valdivia (también llamado el Gran Terremoto de Chile), ocurrido el 22 de mayo de 1960, tuvo una magnitud de 9,5 de la escala de Richter y de XI a XII en la escala de Mercalli, él afectó al sur de Chile. El seísmo causó un tsunami que se propagó por el Océano Pacífico y devastó la localidad de “Hilo” a 10.000 Km del epicentro. El número total de víctimas causado por la combinación de terremoto- Tsunami se estima en 3.000.

Como consecuencia del seísmo, se generaron tsunamis que arrasaron las costas de Japón (138 muertes y daños por 50 millones USD), Hawai (61 víctimas y 75 millones USD en daños), Filipinas (32 víctimas y desaparecidos). La costa oeste de los Estados Unidos también fue afectada.

### 1979 – Tsunami de Tumaco

Un terremoto importante de magnitud 7,9 ocurrió a las 07:59:4,3 (UTC) el 12 de diciembre de 1979 a lo largo de la costa del Pacífico entre Colombia y Ecuador. El terremoto se sintió en Bogotá, Pereira, Cali, Popayán, Buenaventura y otras ciudades y aldeas importantes en Colombia, y en Guayaquil, Esmeraldas, Quito en Ecuador. El Tsunami de Tumaco causó grandes destrucciones en la ciudad de Tumaco y en las poblaciones de El Charco, San Juan, Mosquera y Salahonda en el Pacífico colombiano. Este fenómeno provocó 259 muertos, 798 heridos y 95 desaparecidos.

### 1992 – Tsunami de Nicaragua

En las costas del Pacífico, en Nicaragua, el 1 de septiembre de 1992, se produjo un terremoto con magnitud de 7.2 y 7.8 grados de la escala de Richter, y él generó un tsunami que afectó a una parte de la costa del Pacífico de este país, provocando más de 170 muertos y más de 40000 damnificados.

### 1993 – Tsunami de Hokkaido

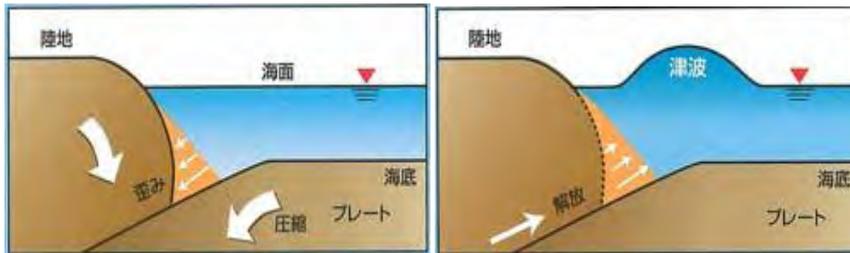
El 12 de julio de 1993, como consecuencia de un terremoto, se produjo un tsunami a lo largo de la costa de Hokkaido en Japón, provocando 202 víctimas en la pequeña isla de Okushiri, y centenares de heridos.

### 2006 – Tsunami de Asia del Sur.

## 2.2- El planteamiento científico del Tsunami:

### 2.2.1- El mecanismo de generación de un Tsunami generado por un seísmo:

El tsunami se construye en tres etapas: “ocurrencia, transmisión y subgerencia”. En el caso de un terremoto, cuando éste ocurre el fondo del mar, el mar sube o baja, lo que desplaza una cantidad importante de agua y desarrolla un tsunami. 125



Mecanismo de un Tsunami: Antes de un Tsunami – Durante un Tsunami

### 2.2.2- Cálculo de fuerza de un tsunami: 126

En la transmisión de un tsunami es la velocidad la que determina la magnitud del fenómeno. Podemos calcular la velocidad de un tsunami gracias a la función siguiente:

$$V = \sqrt{(g \times p)}$$

V: la velocidad

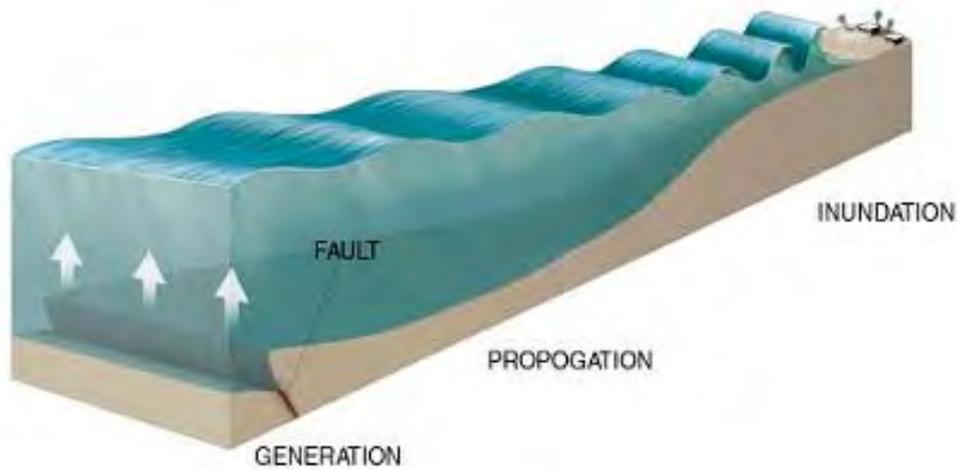
G: la fuerza de gravedad

P: la profundidad.

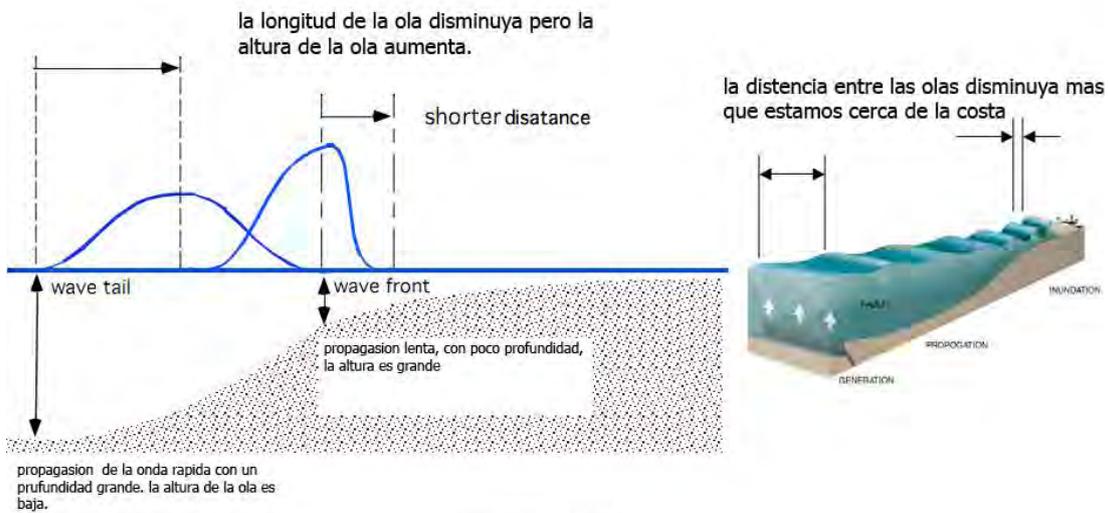
Profundidad del mar	Velocidad del Tsunami
10m	36 Km/h
500m	252 Km/h
4000m	712 Km/h

La altura de la ola, depende también de la profundidad de fondo marino, más la profundidad es pequeña, mas la altura de la ola es grande. Tenemos dos ejemplos de olas gigantes de tsunami: Alaska = 500 m. en 1958, Japón = 38,2 m. en 1896.

Las olas del tsunami son muy diferentes de las olas provocadas por el viento. Las olas de un tsunami tienen mucha energía, que se concentra en algunas topografías.



127



F.Imamura, DRCR

La transmisión de un tsunami 128

134

### **2.2.3- El mecanismo de propagación de un tsunami:**

En la zona de generación del tsunami la amplitud de la onda es muy baja en comparación con su longitud. Cuando la ola se aleja de la falla sísmica, su amplitud aumenta generando un volumen vertical con intervalos de tiempo de 10 minutos hasta 2 horas. Las ondas de longitud guardan su energía cuando se propagan en el mar. Sin embargo, al acercarse a la costa las olas de longitud encuentran un fondo marino menos profundo, se genera entonces un fenómeno que se llama “asomeramiento” produciéndose una disminución de la velocidad de propagación.

La segunda característica del tsunami es la forma de la ola y su mecanismo, que es muy diferente de la ola ordinaria generada por el viento. Las olas provocadas por el viento generan movimientos orbitales en sus partículas, con trayectorias circulares semicerradas, que provocan un fenómeno de pérdida de energía, razón por la cual no provocan inundaciones. Las olas del tsunami son diferentes, la trayectoria de sus particulares son rectilíneas en dirección hacia la costa, lo que desarrolla un muro de agua vertical llamado “Bore” con una capacidad importante de penetración y de disipación causando inundaciones importantes y muchas veces un estado catastrófico.

129

### **2.2.4- El mecanismo de generación de un tsunami producido por un corrimiento de tierra:** 130

Los corrimientos de tierra pueden generar tsunamis de una magnitud importante, vamos a tomar el ejemplo de la isla española “La Palma” (ubicada en las Islas Canarias), ella es una isla volcánica activa con riesgo de erupción. Según científicos, la erupción provocaría un corrimiento de tierra que hace prever un tsunami gigante. Cuando la erupción ocurra, su violencia provocará un corrimiento de tierra de una dimensión de 500km<sup>3</sup>, con un volumen de 15 a 20 km de ancho, de 15km a 25km de longitud y con un espesor de 2 a 3 km.

Los estudios muestran que el corrimiento tendrá una velocidad de 100 m/s hacia el mar y una penetración dentro el mar de 60km., este corrimiento de tierra desarrollará una ola de 10 a 25 m de altura que cruzará el océano Atlántico, desde las Islas Canarias hasta el Estado de Florida en Estados Unidos en 9 horas, llegando allí con una altura de ola entre 20 a 25 m. El tsunami afectará también una parte de América del Sur, España y África.

Para calcular el tsunami desarrollado por el corrimiento de tierra,  $\delta$  y considerando que la profundidad del océano es uniforme, los científicos usan la ecuación matemática siguiente :

$$u_z^{surf}(\mathbf{r}, t) = \int_0^\infty \frac{d\omega k(\omega)}{2\pi u(\omega) \cosh(k(\omega)h)} \int_{A(t)} d\mathbf{r}_0 J_0(k(\omega)|\mathbf{r} - \mathbf{r}_0|) \times \int_0^t dt_0 \dot{u}_z^{bot}(\mathbf{r}_0, t_0) \cos[\omega(t - t_0)] \quad (1)$$

Donde  $k$  es el número de las olas,  $\Omega$  es la frecuencia  $\Omega = \sqrt{gk(\omega) \tanh[k(\omega)h]}$ ,  $d\mathbf{r}_0 = dx_0 dy_0$ , el símbolo  $\bullet = \partial / \partial t$ , y  $J_0(x)$  es la ecuación cilíndrica de orden de cero.

La segunda parte de la ecuación representa la zona  $A(t)$  que incluye todos los puntos  $\mathbf{r}_0$  donde  $\dot{u}_z^{bot}(\mathbf{r}_0, t_0) \neq 0$  por  $t_0 < t$ .

Si consideramos que la profundidad del océano no es uniforme usaremos la ecuación siguiente:

$$u_z^{surf}(\mathbf{r}, t) \approx \frac{TLW}{2\pi} \int_0^\infty d\omega \frac{k_0(\omega) J_0(\omega T(\omega, \mathbf{r}, \mathbf{r}_0)) \cos[\omega t + X(\omega, \theta)]}{u_0(\omega) \cosh[(k_0(\omega)h(\mathbf{r}_0))]} \times \frac{\sin X(\omega, \theta)}{X(\omega, \theta)} \frac{\sin Y(\omega, \theta)}{Y(\omega, \theta)} G(\mathbf{r}, \mathbf{r}_0) S_L(\omega, \mathbf{r}, \mathbf{r}_0) \quad (2)$$

$L$  es la longitud y  $W$  es el ancho y  $T$  es el espesor,  $V_r$  es la velocidad.

En el caso que  $r$  no está cerca del deslizamiento y que  $t > L/V_r$ , eso prueba que la profundidad no es uniforme.

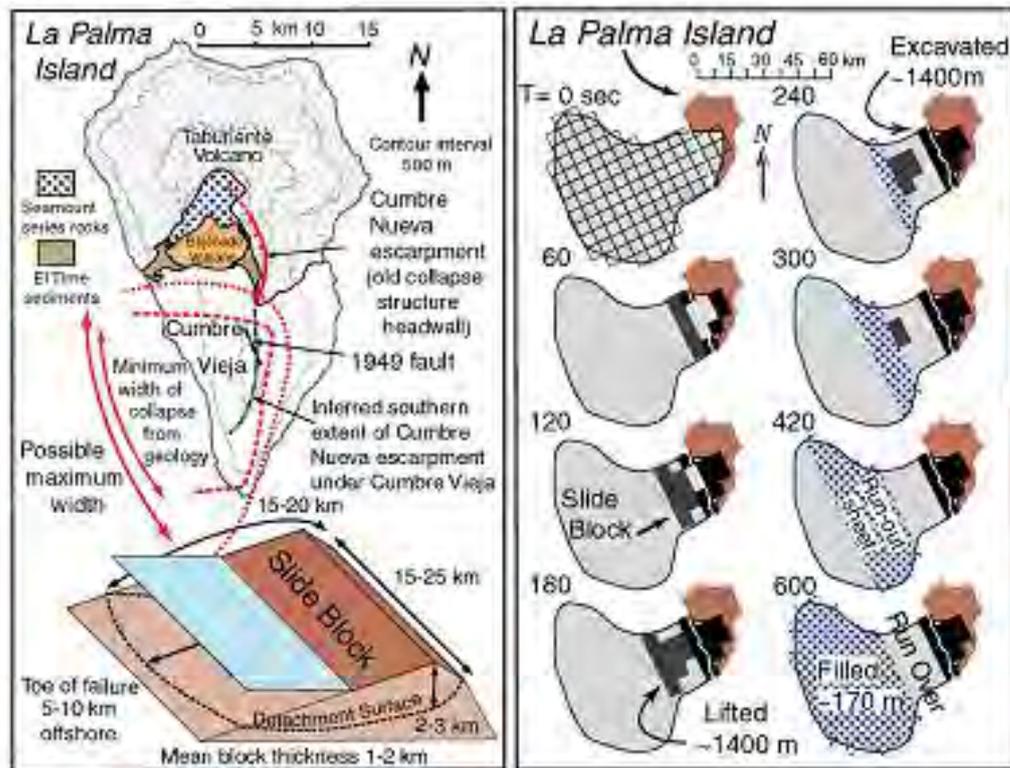
En la ecuación

$$X(\omega, \theta) = L(k_0(\omega) \cos \theta - \omega/v_r)/2; \quad Y(\omega, \theta) = W(k_0(\omega) \sin \theta)/2,$$

$\theta$  es el ángulo entre la dirección del deslizamiento y el punto de observación( $r$ ).

$K_0(\Omega)$  y  $U_0(\Omega)$  son el número de las olas y el grupo de velocidad específica a la frecuencia  $\Omega$  en el agua de una profundidad “ $h(r_0)$ ” en la fuente.

$T(\Omega, r, r_0)$ ,  $G(r, r_0)$  y  $SL(\Omega, r, r_0)$  son los cambios en tiempo de viaje, y la altura de las olas debidas al cambio de profundidad del océano.

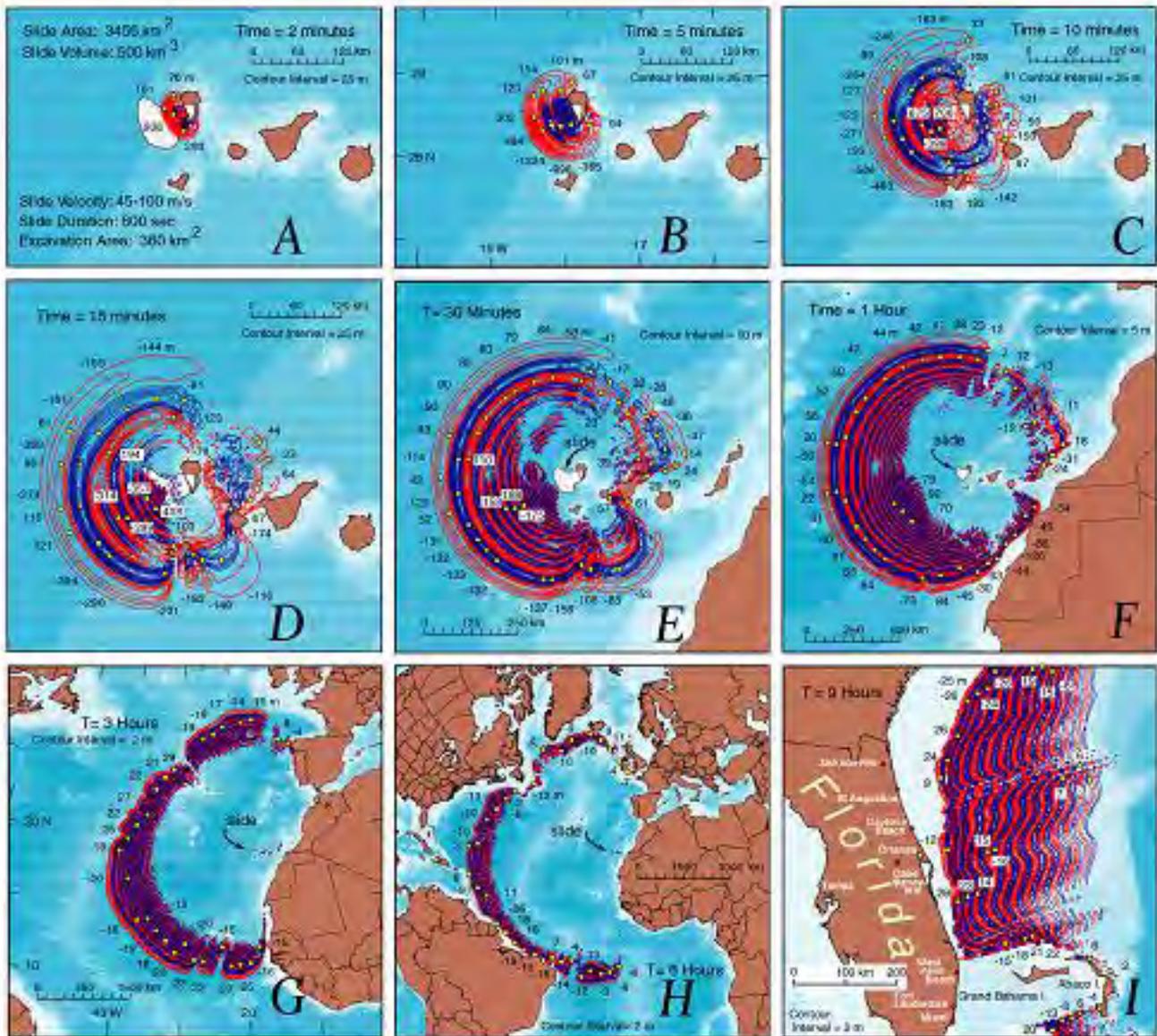


Esquema explicativo del senario

El mapa de la derecha nos muestra los depósitos geológicos en la Isla La Palma con las fallas presentes en el Volcán. El esquema de abajo nos muestra una axonometría del corrimiento de tierra esperado por los científicos.

El dibujo de la izquierda, muestra una simulación del corrimiento de tierra en diferentes momentos  $t(x)$ . La parte gris muestra el bloque que se desplaza en un espacio temporal de 10 minutos sobre una distancia de 60 km.

La evolución del tsunami de La Palma en un período de 2 minutos hasta 9 horas:



La evolución del tsunami en el tiempo:

**2 minutos:** el corrimiento de tierra provoca una bóveda de agua en la parte superior del bloque deslizado a una altura de 900 m.

**5 minutos:** el desplazamiento con velocidad de las olas empieza, y la ola principal baja de casi 500 m de altura después de un desplazamiento de 50 km de distancia. Esto es debido al rebote de la bóveda de agua, así que a la penetración de la parte de atrás del bloque deslizado dentro el mar.

**10 minutos:** el movimiento provocado por el tsunami se desarrolla hasta 250 km de diámetro, y las olas han llegado a una altura importante, englobando a tres (3) islas en el Oeste de las Islas Canarias.

**15-60 minutos:** el tsunami ha arrasado toda la parte Este de las Islas Canarias y ha provocado corrimientos de tierra con olas de 50 m. y hasta 100 m. en la costa Africana.

**3-6 horas:** el tsunami se expande en el océano Atlántico con una ola de 60 m. de altura y con una amplitud palpable en un arco de expansión de 180°. El tsunami afecta a España e Inglaterra con olas de 5 m. a 7 m. de altura.

**9 horas:** el tsunami llega al Estado de Florida en Estados Unidos, con una ola entre 20 m. a 25 m. de altura. El tsunami afecta también a América Central y a América del Sur.

### 2.2.5- La escala de los Tsunamis:

Escala modificada Sieberg de intensidades de Tsunamis

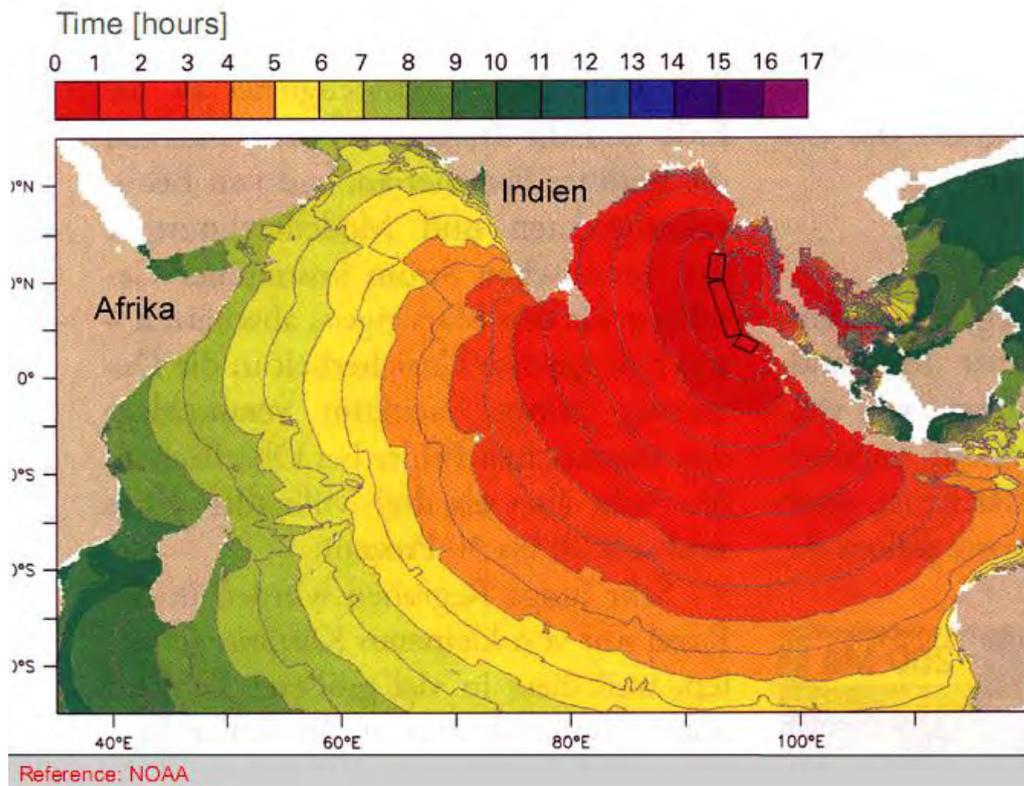
Nivel	Estado	Descripción
I	Muy suave	La ola es tan débil, que solo es perceptible en los registros de las estaciones de marea.
II	Suave	La ola es percibida por aquellos que viven a lo largo de la costa y están familiarizados con el mar. Normalmente se percibe en costas muy planas.
III	Bastante fuerte	Generalmente es percibido. Inundación de costas de pendientes suaves. Las embarcaciones deportivas pequeñas son arrastradas a la costa. Daños leves a estructuras de material ligero situadas en las cercanías de la costa. En estuarios se invierten los flujos de los ríos hacia arriba.
IV	Fuerte	Inundación de la costa hasta determinada profundidad. Daños de erosión en rellenos construídos por el hombre. Embancamientos y diques dañados. Las estructuras de material ligero cercanas a la costa son dañadas. Las estructuras costeras sólidas sufren daños menores. Embarcaciones deportivas grandes y pequeños buques son derivados tierra adentro o mar afuera. Las costas se encuentran sucias con desechos flotantes.

V	Muy fuerte	Inundación general de la costa hasta determinada profundidad. Los muros de los embarcaderos y estructuras sólidas cercanas al mar son dañados. Las estructuras de material ligero son destruidas. Severa erosión de tierras cultivadas, la costa se encuentra sucia con desechos flotantes y animales marinos. Todo tipo de embarcaciones, a excepción de los buques grandes, son llevadas tierra adentro o mar afuera. Grandes subidas de agua en ríos y estuarios. Las obras portuarias resultan dañadas. Gente ahogada. La ola va acompañada de un fuerte rugido.
VI	Desastroso	Destrucción parcial o completa de estructuras hechas por el hombre a determinada distancia de la costa. Grandes inundaciones costeras. Buques grandes severamente dañados. Árboles arrancados de raíz o rotos. Muchas víctimas.

Fuente: <http://www.shoa.cl/servicios/tsunami/escalas.htm#an3>

### 2.3- El Tsunami de Asia del Sur “Terremoto de tierra de Sumatra”:

El tsunami del océano indico ocurrió el 26 de Diciembre 2004 a las 00h58:53.4 UTC. El hipocentro se encontraba en la posición de 3.295 N y 95.982 E, con una magnitud  $M=9$  según Harvard y con un período superior a 300 segundos o  $M=9.3$  según Stein y Okal con un período superior a 2500 segundos. El seísmo causó un desplazamiento del eje de rotación de la tierra de 80 mm lo que hace que la tierra gire más rápido y el año se retrase de 1 s. Es uno de los tsunamis más importante desde 1900 y el más importante desde 1964. Las olas del tsunami tuvieron una altura  $H=10$  m., un tiempo de viaje de  $T=20$  min en Sumatra, y de  $H=4$  m. en Somalia. Después de un tiempo de viaje de  $T=8$  h., la velocidad del tsunami era de 700Km/h. El impacto del tsunami fué grande, causando 297200 fatalidades y desaparecidos. Con 236000 muertos, Indonesia tuvo el número más importante de víctimas, siguió Sri Lanka con 36000 muertos, India con 16000 muertos y Tailandia con 8500 fatalidades. Hubo también víctimas en Somalia, Maldivas, Malaysia, Myanmar, Tanzania, Seychelles, Bangladesh, Kenia. Los daños en general fueron causados por las olas, por las ruinas llevadas por ellas, y por el fuego. 131



Mapa de intensidad del Tsunami de Sumatra.



Sumatra, antes y después el Tsunami.

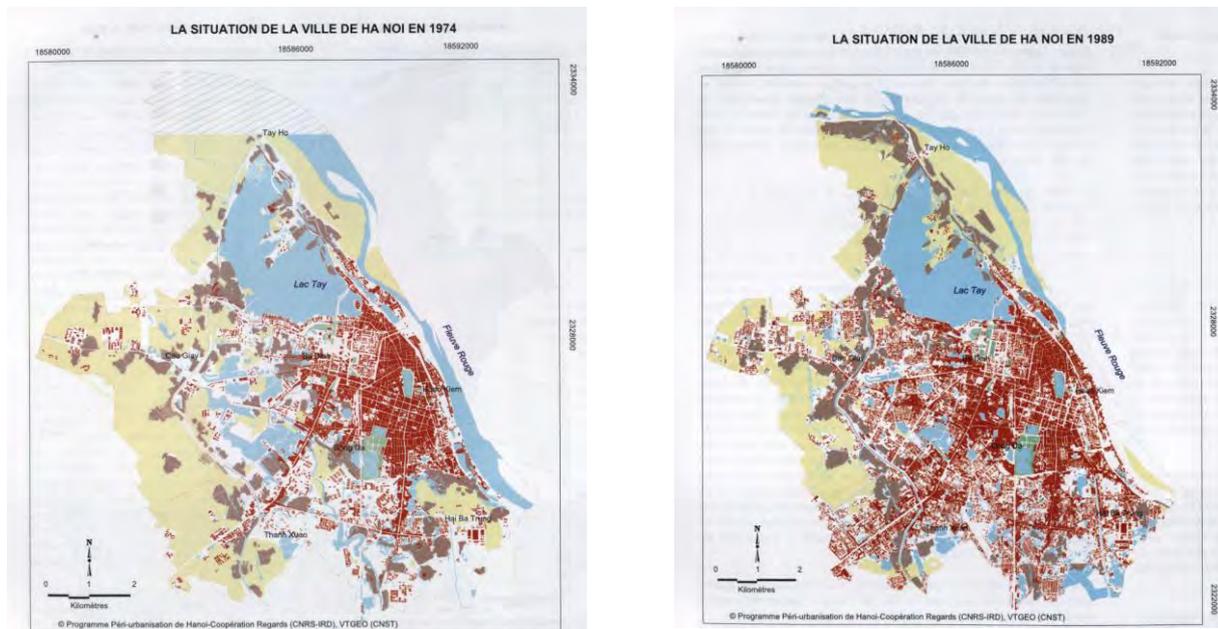
Antes: Foto Arriba / Después: Abajo

### 3- Las inundaciones:

#### 3.1- La urbanización y la amplificación de las inundaciones:

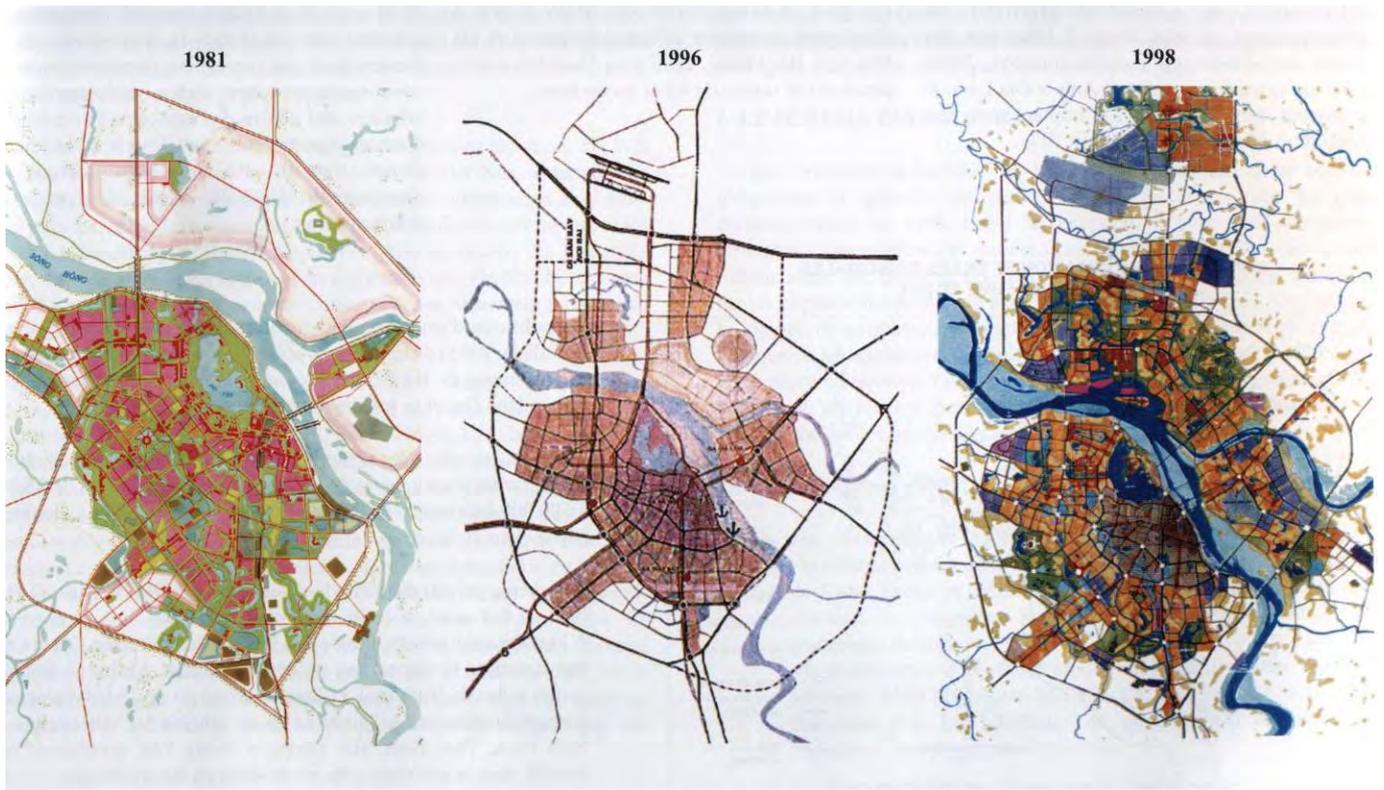
La evolución rápida de la urbanización, y la transformación de los pequeños pueblos en ciudades densas y con un tejido urbano complejo, con zonas de construcciones y redes de circulación, aumenta los riesgos de inundaciones debido a la reducción de las zonas de almacenamiento y permeables. Las complicaciones debidas al crecimiento de las ciudades son muy difíciles a resolver. Pero este problema desgraciadamente no preocupa ni a la clase política ni a las instituciones responsables de la organización y el desarrollo de la ciudad.

Tomamos el ejemplo de la ciudad de Hanói en Vietnam, donde el crecimiento de la ciudad entre los años 1974 y 2009 fue muy importante, la población dobló. Al mismo tiempo la situación económica se deterioró. De otra parte, la política de urbanización de la ciudad de Hanói tuvo errores con consecuencias importantes. La más importante fue **el hecho de suprimir una grande parte de los lagos, que eran espacios de recogimiento y de almacenaje de la lluvia**, con el objeto de hacerlos terrenos aptos a la construcción de viviendas. Esto trae como consecuencia que el agua producida por la lluvia no encuentra espacios de recogimiento produciéndose de esta manera inundaciones.



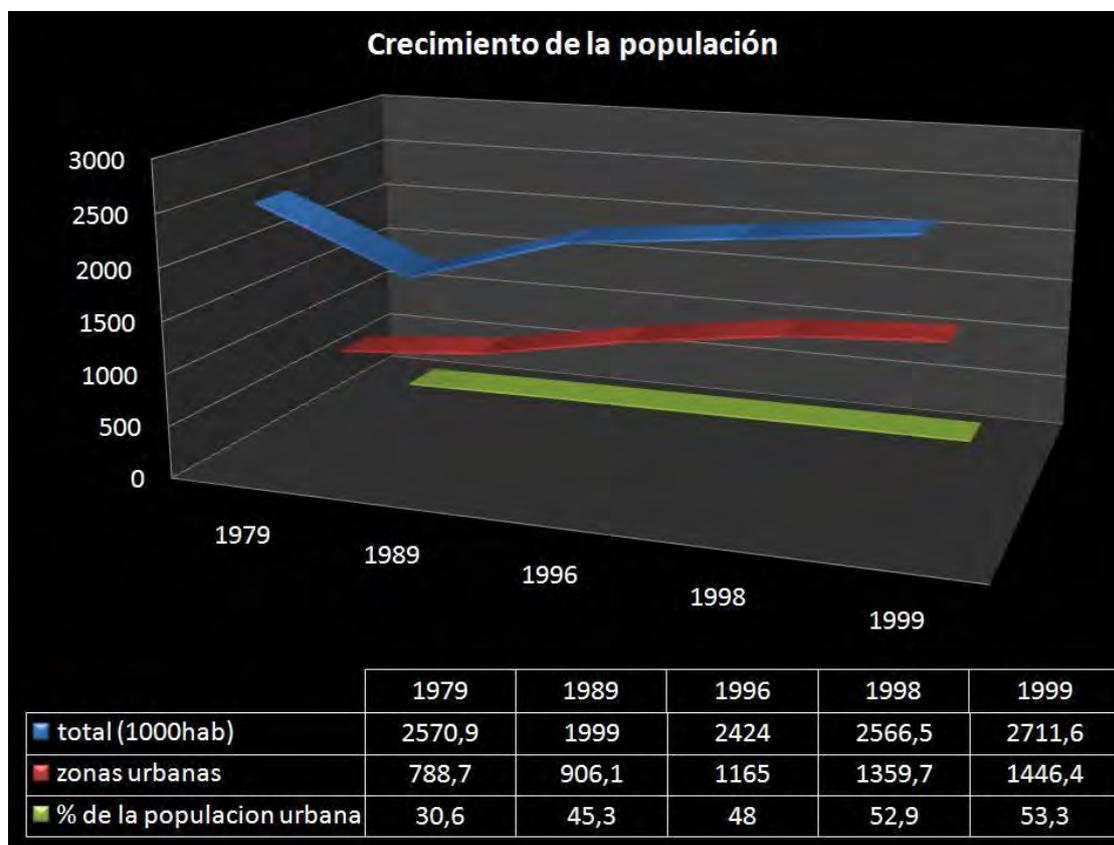
La evolución de la ciudad de Hanói entre 1974 en la izquierda y 1989 en la derecha.

Según el programa de pré-urbanización de Hanói (CNRS-IRD). VTGEO



El estado de la ciudad de Hanói en 1981 y 1996 y 1998

Según el programa de pré-urbanización de Hanói (CNRS-IRD), VTGEO (CNST)



Crecimiento de la población en la ciudad de Hanói entre 1979 y 1999.

## 3.2- Estudio de la hidrología climática:

### 3.2.1- El ciclo hidrológico:

El ciclo hidrológico está compuesto de fenómenos circulares entre evaporación y transpiración así que precipitación. Las precipitaciones están desarrolladas por la evaporación del agua del mar, de los lagos, de los ríos, así que por la transpiración del tejido vegetal por condensación. El ciclo hidrológico o ciclo del agua es el proceso de circulación del agua entre los distintos compartimentos de la hidrósfera. Se trata de un ciclo donde el agua solamente se traslada de unos lugares a otro o cambia de estado físico. La mayor parte del agua se encuentra en forma líquida, sobre todo en los océanos y mares y en forma de agua subterránea o de agua superficial (en ríos y arroyos). El segundo compartimento por su importancia es la del agua acumulada en forma de hielo sobre los glaciares antártico y groenlandés, con una participación pequeña de los glaciares de montaña. Por último, una parte menor del agua está presente en la atmósfera como vapor, en estado gaseoso o como nubes. Bien que pequeña, esta parte atmosférica es muy importante para el intercambio entre compartimentos y para la circulación horizontal del agua hacia otros lugares lejos de sus puntos de origen.

Los principales procesos implicados en el ciclo hidrológico son:

**La evaporación:** El agua se evapora a partir del océano, y también por los organismos, gracias al fenómeno de la transpiración. Porque no podemos distinguir claramente entre la cantidad de agua que se evapora y la cantidad de agua que es transpirada por los organismos, debemos utilizar el término evapotranspiración. Los seres vivos, especialmente las plantas, contribuyen con un 10% del agua que se incorpora a la atmósfera.

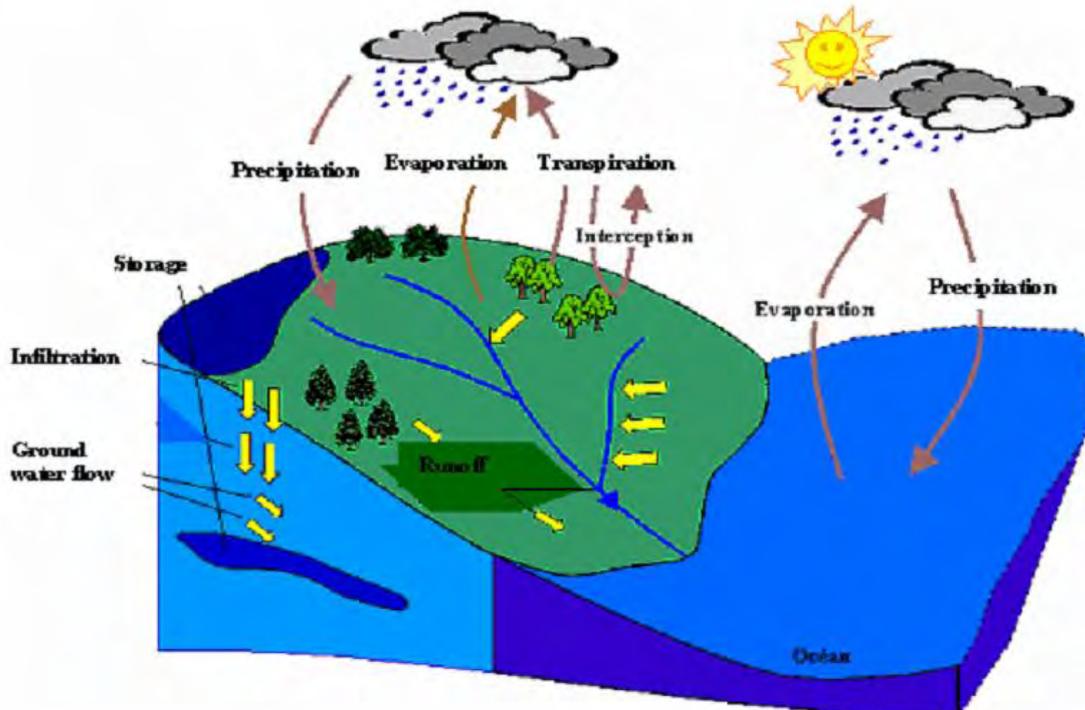
**Condensación:** El agua en forma de vapor sube y se condensa formando las nubes.

**Precipitación:** La atmósfera pierde agua por condensación (lluvia y rocío) o sublimación inversa (nieve y escarcha) que se deposita según el caso, en la tierra, a en la superficie del mar o en la banquisa. En el caso de la lluvia, la nieve y el granizo (en los dos últimos casos se trata de gotas de lluvia que se congelan en el aire) la gravedad determina la caída; mientras que en el rocío y la escarcha el cambio de estado se produce directamente sobre las superficies que cubren.

**Infiltración:** Es cuando el agua que alcanza el suelo penetra a través de sus poros y pasa a ser subterránea. La proporción de agua que se infiltra depende de la permeabilidad del sustrato, de la pendiente del terreno y de la cobertura vegetal. Una parte del agua infiltrada vuelve a la atmósfera por evaporación o por la transpiración de las plantas, que la extraen con sus raíces profundas. La otra parte del agua se incorpora a los acuíferos, niveles que contienen agua estancada o circulante.

**Escorrentía:** Este término se refiere a los diversos medios por los que el agua líquida se desliza cuesta abajo por la superficie del terreno, especialmente en los climas secos y desérticos, la escorrentía es el principal elemento geológico de erosión y transporte.

**Circulación subterránea:** Se produce gracias a la gravedad, como la escorrentía. . 132



Esquema del ciclo hidrológico (Hecho por Musy) 132



El ciclo de agua. Mapa hecho por United States Geological Survey, y Agency of the United States Department of Interior. 133

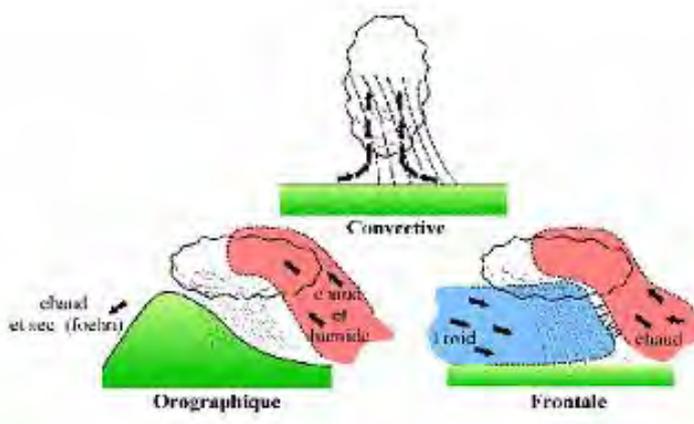
### 3.2.2- Los tipos de precipitaciones

Las precipitaciones son divididas en tres grupos: 134

**Precipitación convectiva:** Estas precipitaciones son el resultado de una ascensión rápida de las masas del aire en el atmosfera, están asociadas al “Cúmulus” y el “Cumulonimbos” con un desarrollo vertical importante, y son generados por el proceso de “Bergeron”. Las precipitaciones resultadas por este proceso son tempestuosas de corta duración “menos de una hora”, de alta intensidad y de expansión espacial débil.

**Precipitación orográfica:** como su nombre muestra “Oros” (del griego “Montaña), estas precipitaciones están relacionadas con un límite topográfico, su expansión espacial es casi nula. Las características de las precipitaciones orográficas dependan de la altitud, de la pendiente, de su orientación, y de la distancia que separa el origen de la masa de aire caliente del lugar de la subida del aire. En general tienen una intensidad y una frecuencia regular.

**Precipitación frontal:** estas precipitaciones son de tipos ciclónicos, están relacionadas a las superficies de contacto entre las masas de aire, de su temperatura, de su gradiente térmico vertical, de la humedad, y de la velocidad de desplazamiento diferente. Los frentes fríos generan precipitaciones cortas, intensas y de poca expansión. Los frentes calientes generan precipitaciones largas, extendidas, pero poco intensas.



Los tipos de precipitaciones:

Arriba:

Precipitación convectiva

Abajo derecha:

Precipitación frontal

Abajo izquierda:

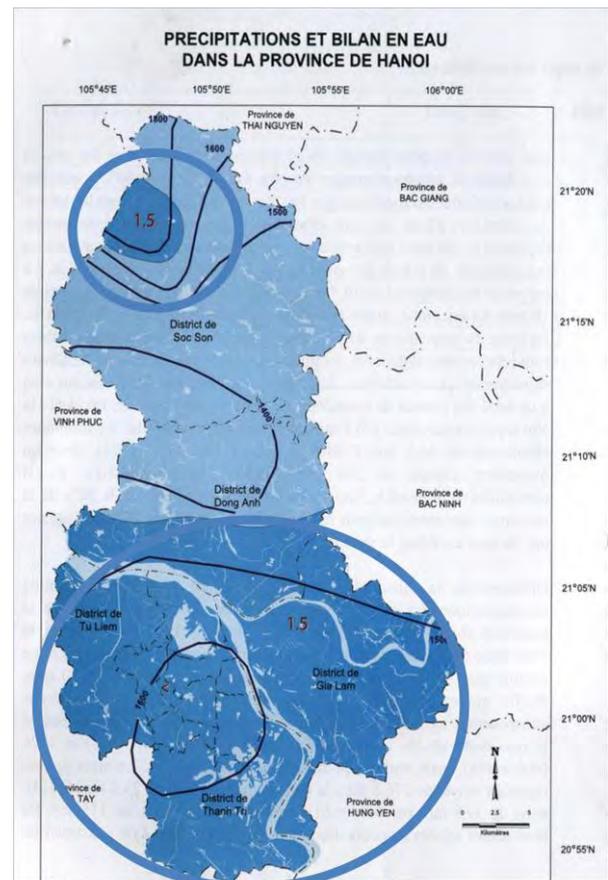
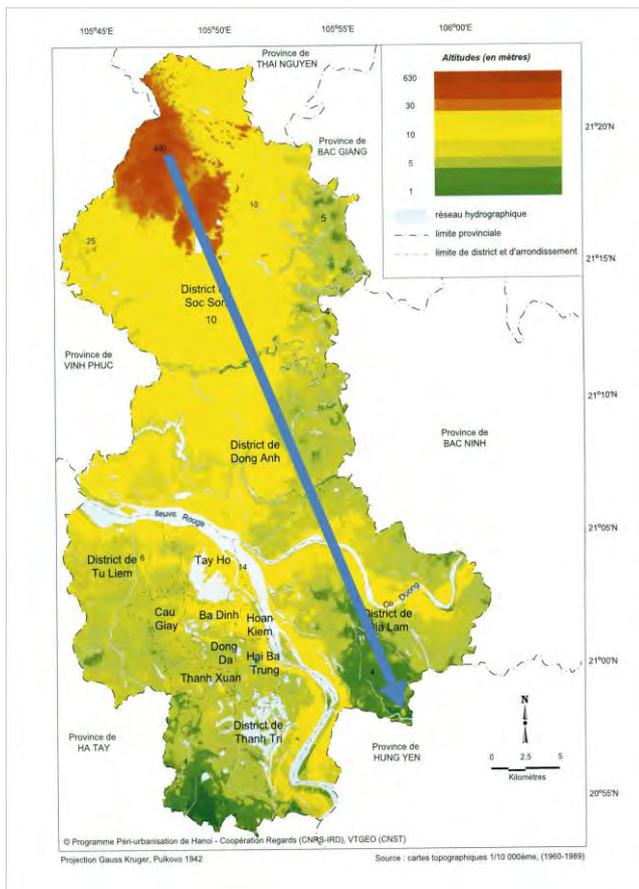
Precipitación orográfica

(Fuente CERG)

### 3.2.3- Las consecuencias de las precipitaciones:

Las precipitaciones pueden generar diferentes tipos de fenómenos, debidos a diferentes factores, como la topografía, el tipo de precipitación, la calidad de la tierra y su constitución, y de otros factores. Las precipitaciones pueden generar 4 tipos de eventos que son “inundación, flujo de lodo, flujo de escombros y lahares”.

- La inundación: se produce cuando las precipitaciones son fuertes y provocan una subida importante del nivel de agua en la ciudad, en los lagos y ríos, dejando las redes de circulación y la población paralizados. Este tipo de eventos ocurren en las ciudades con una topografía casi plana. Es el caso de la ciudad de Hanói en Vietnam, donde las precipitaciones son de larga duración y de una intensidad fuerte, lo que deja casi siempre la ciudad en un estado de inundación. La topografía del centro urbano de la ciudad es casi plana y con una red hidrológica de evacuación del agua de lluvia muy deficiente. Observamos una subida rápida del nivel de agua en las carreteras y calles de la ciudad. Un otro punto importante que aumenta las inundaciones en el centro urbano, es la topografía de la periferia situada en zona de altitud.



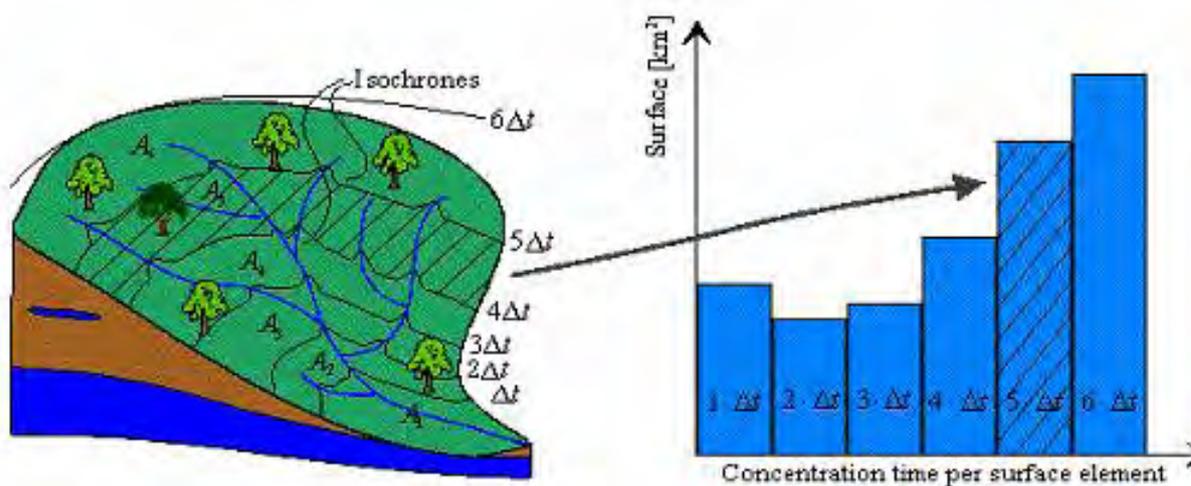
Mapas de topografía y de precipitaciones de la ciudad de Hanói (fuente desconocida)

El mapa de la izquierda “La topografía de la ciudad de Hanói”:

El mapa nos muestra que la parte Norte de Hanói, zona de periferia (señalada en rojo), es mucho más alta que el centro urbano de la ciudad, el cual se sitúa cerca de los lagos y el Rio Rojo, lo que significa que si ocurren precipitaciones en la parte norte, el agua baja hacia el centro urbano (mirar la dirección de la flecha azul). La zona señalada verde es la zona con la altitud más baja de la ciudad, lo que significa que es la zona con más peligro de inundaciones y otros eventos provocados por las precipitaciones.

El mapa de la derecha: “La pluviometría en la ciudad de Hanói”:

El mapa nos muestra claramente que la ciudad de Hanói tiene dos zonas importantes de precipitaciones, una en el extremo Norte (zona de altitud alta) y la otra en el extremo Sur de la ciudad (zona de altitud baja y urbana).



Dibujo demostrando la relación entre la topografía del terreno y el tiempo de concentración del agua. 135

El gráfico representa la relación entre el tiempo de concentración de agua y la superficie. En el gráfico  $\Delta t 6$  es el lugar más alto de la ciudad donde la lluvia cayó, a partir de este punto observamos que todos los tiempos de concentración van bajando “ $\Delta t 5, \Delta t 4, \Delta t 3, \Delta t 2$ ”, esta disminución es debida a la pendiente de la topografía. El agua de la lluvia no tiene tiempo para concentrarse.

En el punto  $\Delta t 1$ , observamos que hay una subida del tiempo de concentración, porque la topografía tiene una pendiente débil, en esta zona la napa freática es importante, esto nos permite deducir que no hay infiltración del agua, debido a la saturación del suelo, produciéndose así una especie de impermeabilidad.

- Flujo de lodo:

Un flujo de lodo (o colada detrítica) es el tipo más rápido (con una velocidad más o menos de 80 km/h) y fluído de corrimientos de tierra. Consiste en una colada con una alta concentración de materiales detríticos, que se mueven hacia los valles. El material transportado tiene una granulometría muy variable, y un fenómeno singular es que se manifiesta frecuentemente con oleadas sucesivas "pulsaciones" debido a la obstrucción temporal del canal de transporte. Estas coladas detríticas son fenómenos frecuentes en todas las regiones climáticas, tienen una gran importancia por su influencia en la evolución morfológica de las cuencas hidrográficas donde tienen lugar, por el riesgo potencial en las áreas montañosas, así que por su gran capacidad destructiva. El flujo de lodo consiste en una mezcla de materiales finos (arena, limo y arcilla) y más gruesos (grava), conteniendo una cantidad variable de agua, la cual se mezcla con escombros vegetales. Se forma así una masa fangosa que se propaga como un cuerpo único, sin separación entre los cuerpos sólidos y líquidos.<sup>136</sup>

- Movimiento o flujo de escombros:

Un flujo de escombros es una masa rápida de escombros non solidificados o non consolidados. El flujo de escombros se diferencia del flujo de lodo por la velocidad. El flujo de escombros puede llevar rocas de diferentes tamaños y puede también contener una grande cantidad de restos de arboles. Este tipo de flujo puede ser activado por precipitaciones fuertes, o derretimiento glacial, o la combinación de los dos. El flujo de escombros es extremadamente destructivo. El se forma cuando la tierra está saturada e inestable. El frente del flujo de escombros forma un lóbulo. Este lóbulo contiene muchos de los sedimentos más grandes incluyendo adoquines. El flujo de escombros se compone también de un fango que se encuentra en la parte de atrás del lóbulo y que contiene arenas, légamos, y sedimentos. El flujo de escombros puede cambiarse eventualmente en aguas de inundación fangosas más finas, mientras que depositan sus componentes más pesados. Este fenómeno geológico en general se mueve en pulsos debido a las fricciones así que a las barreras que encuentra el flujo durante su desplazamiento.<sup>137</sup>

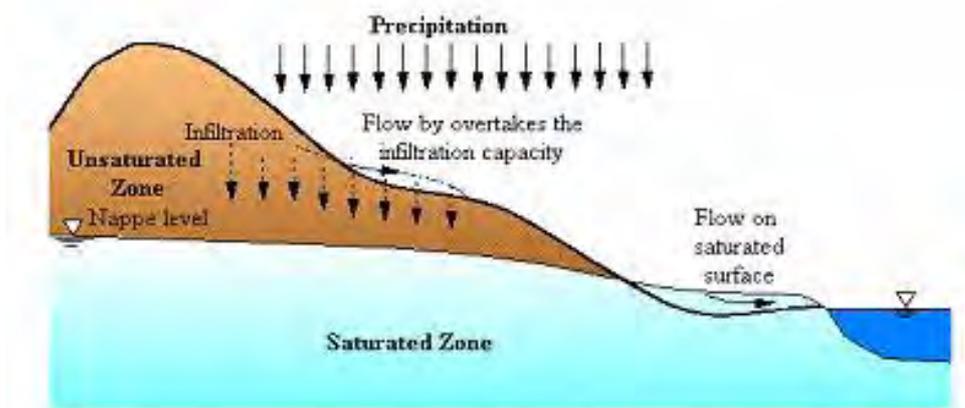
- Lahares:

Los lahares llamados también flujos piroclásticos son de origen volcánico y muy peligrosos debido a la velocidad importante que puede alcanzar, entre 50km/h y hasta más de 250 km/h. Esta velocidad les permite viajar a una distancia muy larga, que puede ser en decenas de kilómetros. Otro elemento que caracteriza los lahares es su alta temperatura que puede llegar hasta 600C°. Los lahares son muy destructivos y pueden arrastrarse por el impacto de los escombros calientes o/y con el viento huracanado asociado.

Los lahares se forman cuando masas de materiales de origen volcánico non consolidadas, como la ceniza depositada en los flancos de las montañas, los depósitos glaciares, los escombros de flujos piroclásticos y de avalanchas de rocas, se mezclan con el agua y comienzan a movilizarse.<sup>138</sup>

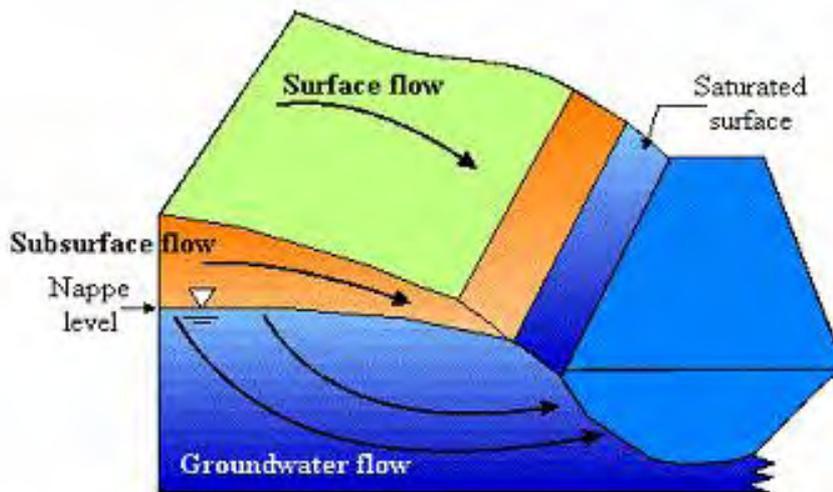
### 3.2.4- Los tipos de flujos y de los espacios de acumulación del agua en el suelo:

Tenemos diferentes tipos de flujos que permiten guardar el agua de las precipitaciones dentro el suelo, y eso gracias a la capacidad de penetración o de infiltración y de impermeabilidad de este último. En general, la parte del agua que infiltra el suelo se guarda en lo que se llama “Napas subterráneas”. En el caso de los lagos y rios el volumen de agua de las napas subterráneas es más importante que el agua que se encuentra en la superficie, pero el volumen de agua de las napas subterráneas es menos importante en el caso de los glaciares. Las napas subterráneas más importantes pueden alcanzar algunos kilómetros como es el caso de la que se encuentra en el acuífero guaraní. Esta agua subterránea es un recurso importante, pero difícil a gestionar por su sensibilidad a la contaminación y a la sobreexplotación. 139



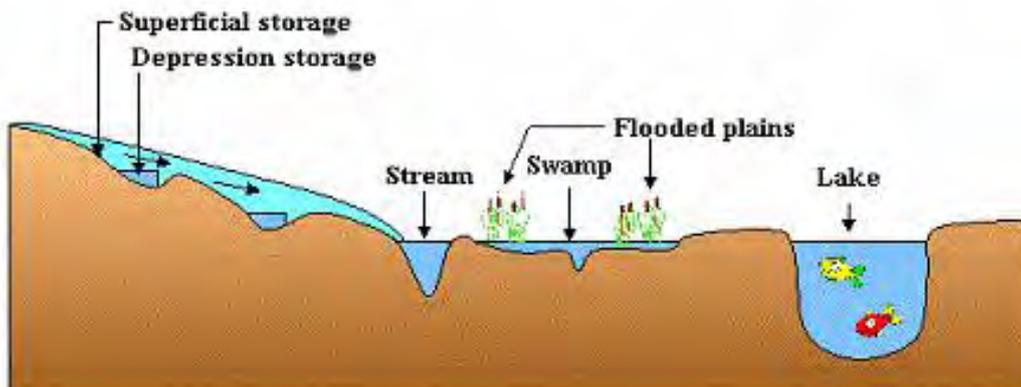
Esquema que muestra las características de infiltración y de almacenaje del agua en el subsuelo Podemos mirar el nivel alto de la napa subterránea y su saturación en la parte baja por la derecha de la topografía. 140

Con respecto a los tipos de flujos, el primer flujo es el de superficie que se encuentra sobre la capa exterior del terreno donde empieza el fenómeno de infiltración. El segundo flujo es el de subsuperficie, que es la capa ubicada entre el flujo de la superficie y el flujo de agua subterránea. Y el último flujo es de agua subterránea, donde se almacena toda el agua de infiltración.



Esquema que muestra los diferentes tipos de flujos (Musy 2001) Flujo de superficie (verde) Flujo de subsuperficie (naranja), flujo de agua subterránea (azul) 141

Respecto a los espacios de reserva y de almacenaje del agua, tenemos, los lagos, los ríos, ciénagas, arroyos, depósitos superficiales, depósitos en depresión.



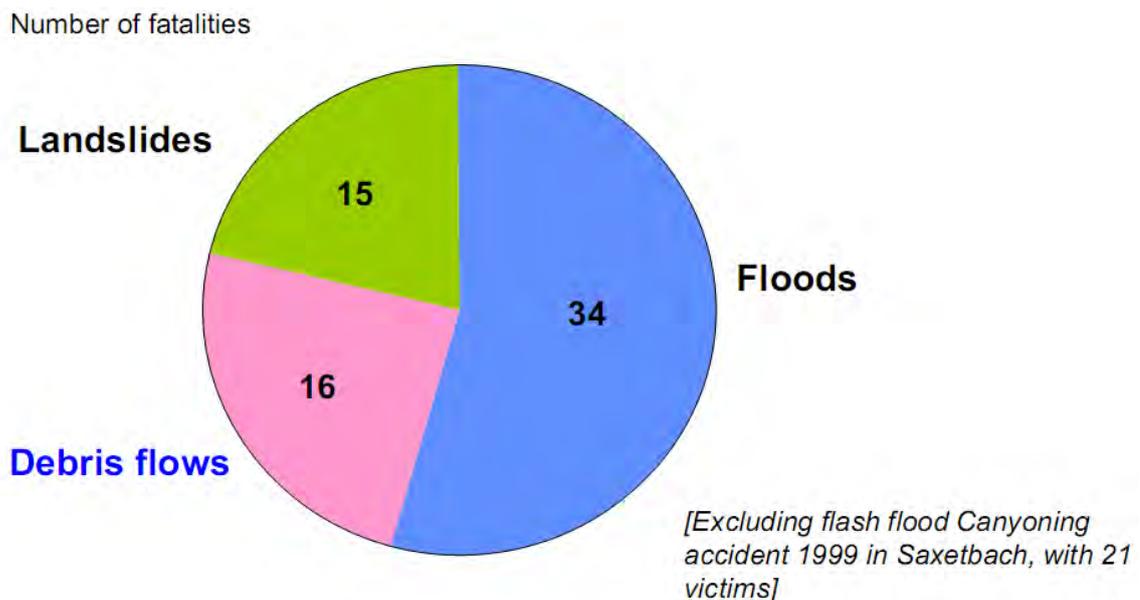
Dibujó mostrando las superficies de almacenamiento de agua (de izquierda a derecha: depósitos superficiales, depósitos en depresión, arroyos, ciénagas, los lagos)

### 3.3-Movimiento o flujo de escombros

#### 3.3.1- Estudio del movimiento de escombros “Caso de Suiza”:

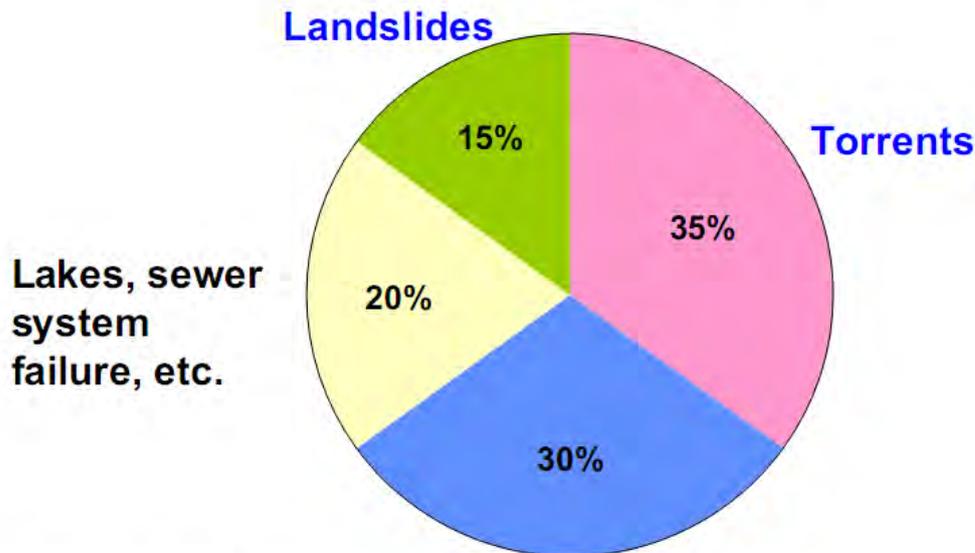
En Suiza el flujo de escombros es muy común, entre 1972 y 2002 hubieron 517 eventos, donde el proceso original fue un flujo de escombros, el cual desarrolló otros fenómenos como corrimientos de tierra e inundaciones. Estos flujos de escombros causaron 20 fatalidades, y 360 millones de Francos Suizos de perdida (WSL Storm damage database). Tenemos por ejemplo el flujo de escombros del Valais, que ocurrió en el año 2000, y que ocasionó 16 fatalidades.

Las pérdidas económicas en Suiza debido a los desastres por inundaciones están cifradas a más o menos 200 millones cada año. El porcentaje de estas pérdidas entre el año 1984 y 1993 han sido estimados de la siguiente manera : 35% por torrentes, 30% por los ríos de montaña, 20% debidos a los lagos y la alcantarilla así que a las fallas del sistema, y por fin 15% debido a los corrimientos de tierra.



Las fatalidades debidas a los desastres por inundaciones en Suiza entre 1972 y 1999. 142

Percentage of damage costs, 1984 - 1993



Las pérdidas económicas debidas a los desastres por inundaciones en Suiza entre 1984 y 1993. 142

### 3.3.2- Definición del movimiento de escombros: 143

El flujo de escombros es una mezcla de sedimentos y de agua, troncos y otros elementos. Tiene un comportamiento que no es uniforme, caracterizado por un aumento rápido del agua. Su alta velocidad le da una importante fuerza de impacto destructiva. Los flujos de escombros ocurren de una manera imprevista y es el resultado generalmente de una caída de lluvia importante, pero puede provocarse cuando funde la nieve o por el fallo de un dique.

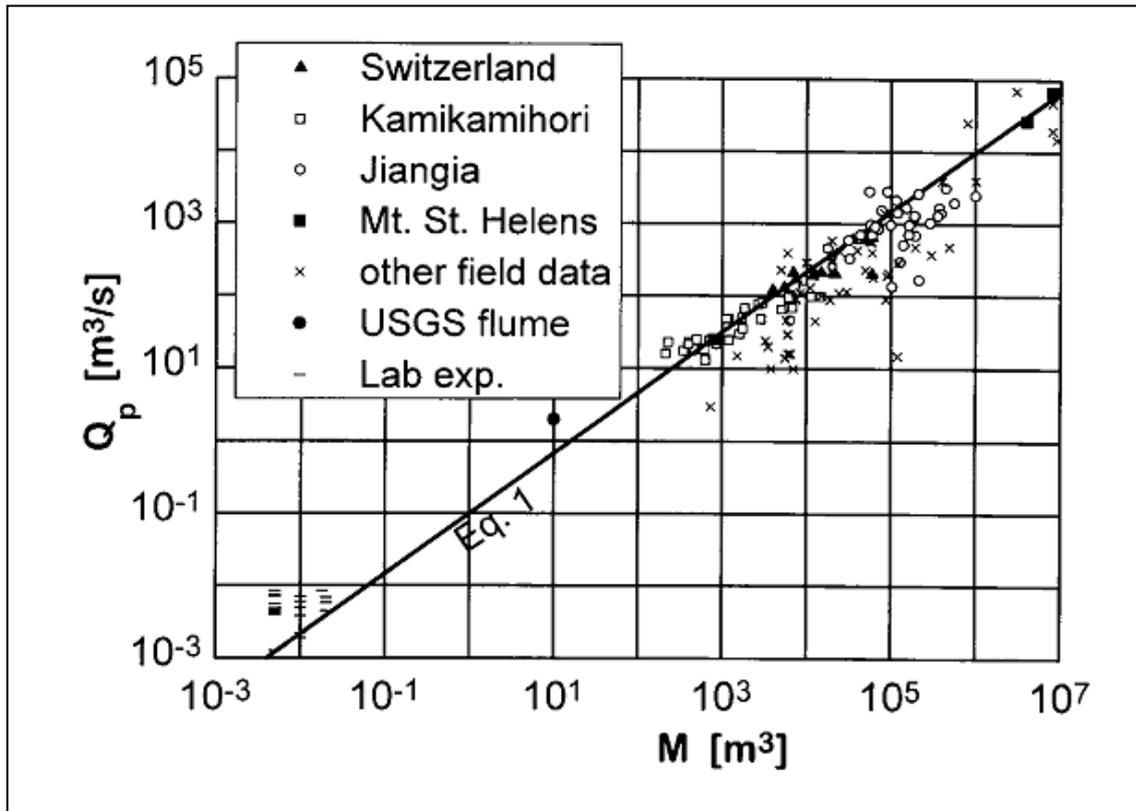
En las zonas de captación de torrente, el flujo de escombros puede provocar un alto nivel de descarga. Para poder estimar un flujo de los escombros y estudiarlo, debemos tener en cuenta los parámetros siguientes: el volumen del flujo de escombros  $M$ , el pico de descarga  $Q_p$ , la velocidad en el frente  $V$ , la sección del flujo  $A$ , la distancia viajada  $L$ , la distancia de corrimiento en el aluvial fan  $L_f$ .

#### 3.3.2.1- El volumen del flujo de escombros $M$ :

Muchos estudios han intentado estimar el volumen máximo de un flujo de escombros, pero han llegado solamente a ecuaciones que son basadas sobre las características morfo-métricas de la zona de captación. Más de 200 observaciones de casos de flujo de escombros han podido hacerse gracias a estas ecuaciones. Debido a que los datos son muy pocos, se ha considerado en estas observaciones solamente las zonas de captación del flujo de escombros. Estas ecuaciones llegan a un resultado de volumen  $M$  sobre evaluado con un factor de 100. Por esta razón se recomienda hacer una evaluación geomorfológica del potencial de los sedimentos en lugar de usar estas ecuaciones.

El pico de descarga  $Q_p$ : se ha determinado que es posible hacer una ecuación matemática que pone en relación el pico de descarga  $Q_p$  con el volumen del flujo de

escombros. La tabla siguiente así que el gráfico muestran la relación entre los dos factores:



La relación entre el pico de descarga  $Q_p$  y el volumen del flujo de escombros 143

Country/Region	$N$	$M$ [m <sup>3</sup> ]	$Q_p$ [m <sup>3</sup> /s]	Source
Swiss Alps	11	4,000–60,000	120–650	Rickenmann & Zimmermann (1993); M. Zimmermann, written comm. (1996)
Canadian Cordillera	23	1500–3,000,000	10–70,000	Hungr <i>et al.</i> (1984); VanDine (1985); M. Jakob, written comm. (1995)
Japan (Kamikamihori valley)	26	214–14,800	13–124	Okuda & Suwa (1981); H. Suwa, written comm. (1997)
China, Jiangua	33	400–999,000	46–3133	M. Jakob, written comm. (1995); Z. Wang, written comm. (1997)
USA, Mount St. Helens	3	810–8,000,000	25–68,000	Pierson (1985); Pierson (1986)
Other field data (incl. lahars)	22	6,000–70,000,000	15–48,000	Several sources**
USGS flume	1	10	2	Iverson & LaHusen (1993)
Laboratory flows	26	0.005–0.02	0.00126–0.0102	Davies (1994)
<i>Overall</i>	<i>145</i>	<i>0.005–70,000,000</i>	<i>0.00126–68,000</i>	

\*\* Arattano *et al.* (1996), Aulitzky (1970), Gallino & Pierson (1985), Han & Wang (1996), Harris & Gustafson (1993), Kermculov & Zuckerman (1983), Pierson (1980), Pierson (1995), Rutherford *et al.* (1994), Watanabe & Ikea (1981), Webb *et al.* (1988).

Los datos del pico de descarga  $Q_p$  y el volumen del flujo de escombros en acuerdo con el gráfico de arriba. 144

La ecuación que resulta de esta tabla y del gráfico es la siguiente: 144

$$Q_* = 0.1 M_*^{5/6} = 0.1 M_*^{0.833},$$

Donde  $Q_* = Q_{p2}/Q_{p1}$  y  $M_* = M_1/M_2$ .

(1)Y (2) se refieren a dos flujos de escombros con las mismas propiedades pero con volúmenes diferentes.

Hay que saber que existan otras ecuaciones y medios para poder calcular el pico de descarga.

### 3.3.2.2- La velocidad en el frente $V$ :

Para calcular la velocidad de un flujo de escombros existen muchas ecuaciones, pero vamos a proponer solamente una. Sin embargo este cálculo no es tan fácil por la falta de informaciones en el sitio. Casi todas las ecuaciones fueron hechas en laboratorios bajo una simulación de flujo de escombros. Las formulas hechas están en la tabla siguiente:

145

Flow type	Formula	Equation
Newtonian laminar flow	$V = (1/3)\rho g H^2 S/\mu$	(10)
Dilatant grain shearing	$V = (2/3)\xi H^{1.5} S$	(11)
Newtonian turbulent flow:	$V = (1/n)H^{2/3}S^{1/2}$	(12)
Manning-Strickler equation		
Newtonian turbulent flow:	$V = CH^{1/2}S^{1/2}$	(13)
Chézy equation		
Empirical equation	$V = C_1 H^{0.3} S^{0.5}$	(14)

Donde:

$V$  (m/s) es la velocidad -  $H$  (m) profundidad máxima -  $S$  es el canal de deslizamiento  $p$  (kg/m<sup>3</sup>) es la densidad del mezcla de grano y agua -  $\mu$  (kg/sm) es la densidad viscosa de la mezcla de granos y agua -  $\xi$  (1/√sm) coeficiente de grosor que depende del tamaño del grano y su concentración -  $n$  (s/m<sup>1/3</sup>) coeficiente de transmisión (Manning)

coefficient) – C (m<sup>1/2</sup> /s) es coeficiente (en inglés Chezy Coefficient). – C1 (m<sup>0.7</sup>/s) es el coeficiente empirico dimensional.

La distancia viajada **L**: la distancia de viaje se calcula gracias a la ecuación siguiente,

$$L_* = 30(M H_e)_*^{1/4},$$

Donde M es el volumen del flujo de escombros, y He es la diferencia de altura entre el punto inicial del fenómeno hasta el punto más bajo donde se descarga la masa. Podemos también considerar que M/He es la energía del movimiento de la masa.

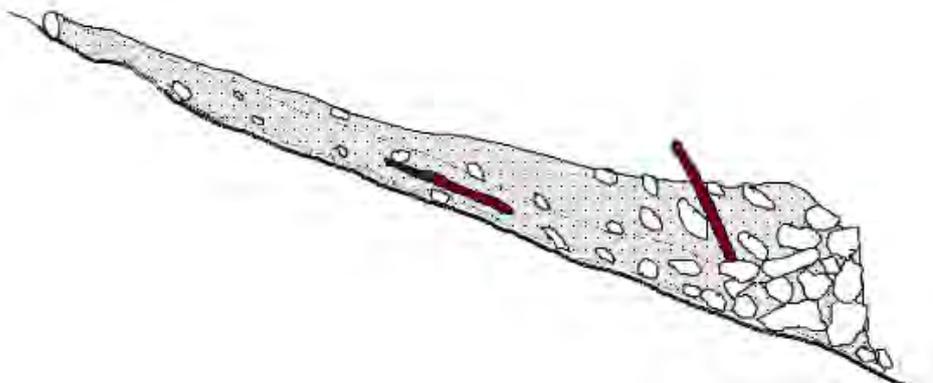
La distancia de corrimiento en el aluvial fan **Lf**:

Para poder delimitar la zona en riesgo se debe calcular la distancia de corrimiento en aluvial fan Lf.

Lf es la distancia desde el punto más alto del fan hasta el punto más bajo del depósito de los escombros. Esta distancia se puede calcular gracias a la ecuación siguiente:

$$L_{f*} = 15M_*^{1/3},$$

Donde M es el volumen del flujo de escombros.



Dibujo de un flujo de escombros 146



Foto de un flujo de escombros después que ha ocurrido. 146

### 3.3.3- Comparación del movimiento de escombros con las avenidas (Flood): 147

**La diferencia entre el flujo de escombros y las inundaciones reside en los sedimentos transportados.** En el caso de la inundación tenemos las características siguientes:

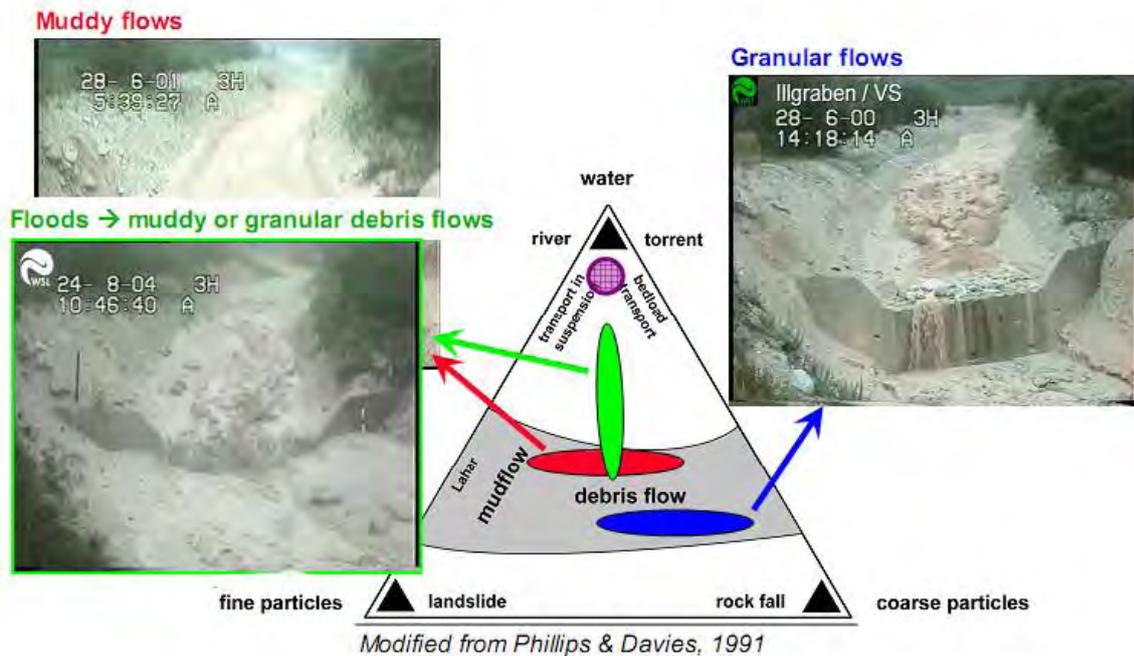
1. La masa es fluída y lleva mucha fuerza la cual transporta las partículas en el flujo.
2. El porcentaje o la cantidad del agua es más grande que la cantidad de los sedimentos.
3. La velocidad de transporte o de viaje es diferente entre el agua y los sedimentos:

Las partículas pesadas viajan a una velocidad más baja que la del agua, pero las partículas más ligeras o partículas flotantes viajan a una velocidad casi igual a la del agua.

Las características del flujo de escombros y también del flujo de lodo, son las siguientes:

- Una interacción compleja entre la fase líquida y la fase sólida.
- El volumen de los sedimentos es más alto que el volumen del agua.
- Los fluídos así que las partículas viajan a la misma velocidad sobre todo en la parte frontal.

## Clasificación de los flujos



Clasificación de los flujos (Esquema modificado por Phillips y Davies en 1991)

El esquema nos muestra que el flujo de escombros (color azul) y el flujo de lodo (color rojo), son fenómenos producidos por el cambio de estado del río y con algunas condiciones pueden desarrollar inundaciones. Estas últimas según las condiciones geomorfológicas existentes, pueden generar los dos fenómenos el “Flujo de escombros o el Flujo de lodo” (Lahar). En la clasificación de Phillips y de Davies son fenómenos que según sus características podemos clasificar en las inundaciones, y la caída de roca así que en los corrimientos de tierra.

### 3.3.4- Las diferencias entre el movimiento de escombros y el flujo de lodo: 148

#### 3.3.4.1- El movimiento de escombros:

Las características del movimiento de escombros podemos resumirlas de la manera siguiente:

- Las partículas pesadas tienen un efecto importante sobre el comportamiento del flujo.
- Las partículas pesadas tienen una tendencia de acumularse en el frente del flujo.
- El movimiento de escombros es un fenómeno característico de los Alpes, caracterizado por un depósito glacial morrena (Glacial moraine deposits)

- Durante el fenómeno de deposición la desaparición de agua puede tomar menos tiempo que en el caso de un flujo de lodo.

#### 3.3.4.2- El Flujo de lodo:

Las características que diferencian el flujo de lodo de un movimiento de escombros son los siguientes:

- Las partículas finas son dominantes en el flujo de lodo.
- El comportamiento plástico está desarrollado por la presencia de partículas cohesivas (Arcilla)
- El flujo de lodo es un fenómeno particular en los ambientes volcánicos o suelos con granos finos.
- El flujo de lodo en las zonas volcánicas se llama lahars.

#### **3.3.5- Características del movimiento de escombros y el flujo de lodo:** 149

Aun que el movimiento de escombros y el flujo de lodo sean dos fenómenos distintos, existen algunos puntos en común que son:

- Las partículas pesadas se mezcla con el agua que es la fase granulada, las partículas finas se mezclan con el agua y se llama la fase fluída.
- Las partículas se colisionan entre ellas.
- Flotabilidad, licuefacción, y la posibilidad de lubricación por el fluído.
- interacción entre el fluído y el sólido.
- geología de la mezcla (sedimentos y agua)
- fluído turbulento, flujo aerodinámico, flujo dilatador.
- No hay una concentración de las partículas de los sedimentos.
- Presencia de diferentes tamaños que va de los granos de la arcilla a los cantos rodados.
- diferencia en la velocidad de fluctuación.
- Problema de escala, porque no se puede aplicar los resultados de laboratorio en el campo de estudio.

### **3.3.6- Características del movimiento de escombros:**

Las características del movimiento se encuentran principalmente en su comportamiento que podemos citar,

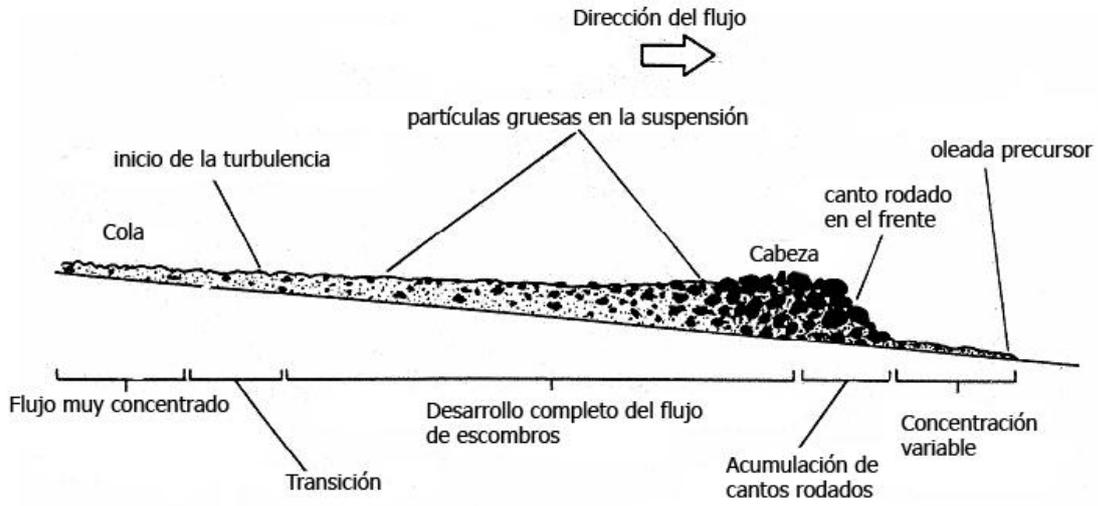
- El transporte de grandes rocas especialmente en el frente del flujo.
- Una densidad alta de la mezcla “agua /sólidos” que puede ser entre 1600 hasta 2400 Kg/m<sup>3</sup>.
- Tamaño de granos variable, que va desde la arcilla hasta la roca.
- Puede tener una velocidad de flujo muy alta.
- Casi siempre inestable, con un flujo palpitando con diferentes oleadas.
- Formación de diques anchos especialmente en la sección del flujo.
- Los depósitos aumentan cuando la pendiente es más baja o si el ancho del flujo aumenta.
- las zonas de depósitos son en general en las zonas de flujo con una pendiente de 5% hasta 18%.

### **3.3.7- El mecanismo del movimiento de escombros: 150**

Para que un movimiento de escombros tenga lugar, debemos tener tres condiciones:

- a- movilización de la cama del canal del transporte de sedimento.
- b- La pendiente de la colina y su inestabilidad (corrimiento de tierra)
  - b-1. Importancia de la primera capa de los sedimentos
  - b-2. Importancia del agua subterránea y de los materiales.
  - b-3. Las propiedades de la zona de iniciación del evento.
- c- Fallo del dique en el canal.

Sección longitudinal de un flujo de escombros (Costa 1986)



Sección longitudinal de un flujo de escombros (Costa 1986) 57



Kamikamihori valley, Japan 151



Zona de origen de un flujo de escombros

Propagación del flujo por canales

Depósitos de los escombros

Proceso de un flujo de escombros 151

### 3.4- Flujo de lodo

#### 3.4.1- El flujo de lodo o lahar: 152

Los elementos que puedan accionar el evento son los siguientes:

- La ruptura de una presa de un lago de un cráter, ejemplo del Monte Kelud en Indonesia.
- Deshielo de la nieve o del hielo de manera rápida, ejemplo del Monte de Santa Helens, Estados Unidos, 1980.
- Deposición de materiales volcánicos en el canal seguidos de un flujo de torrente.
- Flujo piroclástico en valle del río: infiltración/arrastré del agua y el desarrollo de Lahars, ejemplo del Nevado del Ruiz, Colombia, 1985.

- Caída de lluvia intensa o depósitos piroclásticos que forman Lahars, Ejemplo de Monte Pinatubo, Filipinas, 1991.

### **3.4.2- Definición del flujo de lodo: 152**

Los lahars asociados a actividad volcánica se caracterizan por contener generalmente bolones (bloques angulosos de roca). El flujo lahárico puede destrozar todo a su paso, llevando con él muchas veces material orgánico como hojas y troncos destrozados y ocasionalmente los cuerpos de animales o personas. Los depósitos de este tipo de flujos se caracterizan por tener mala selección y estratificación.

La razón principal por la cual este fenómeno es muy frecuente en los volcanes se debe a que las pendientes de los volcanes activos están cubiertas por abundantes fragmentos sueltos de roca, principalmente volcánica, los que al mezclarse con el agua desarrollan flujos descendentes.

El movimiento de los lahars se debe a la acción de la gravedad y su velocidad depende principalmente del ángulo de la pendiente sobre el cual se desliza la masa. Las dimensiones del canal y a la dureza de la superficie tienen un efecto considerable sobre la movilidad del flujo. La viscosidad del flujo está relacionada a la proporción de material sólido transportado por el agua, algunos pueden contener casi el 95 % de sólidos.

En el caso que la pendiente sea fuerte, el flujo tendrá un efecto principalmente erosivo sobre el cono. Cuando el flujo baja por las laderas del estratovolcán, la pendiente disminuye por eso pierde energía y empieza a dejar su carga sólida, formando depósitos de varios metros de espesor.

Por eso cuando las laderas del cono tienen una pendiente fuerte, los flujos bajan con gran velocidad y energía (velocidades de más o menos 100 km/h) y pueden aprovechar el curso de los valles, enterrando vastas áreas topográficas y causando un efecto importante sobre la configuración del relieve. Hay casos en donde el flujo de lodo ha podido alcanzar una distancia de 300 km desde su origen.

Este tipo de fenómenos puede causar cambios geomorfológicos en un volcán como la generación de cañadas (quebradas profundas), cambios en los cursos de los ríos, fuertes inundaciones, rellenos de valles fluviales y cuencas; entre otros.



Armero, Columbia, 13 de noviembre 1995 - volcàn de Nevado del Ruiz

### **3.4.3- Características del flujo del lodo: 153**

Los lahares son flujos de barro que movilizan una gran cantidad de material desde las laderas de los estratovolcanes. Debido a que son depósitos « húmedos » el agua contenida contribuye a aumentar el volumen de la masa de material así que ayuda al transporte de la masa.

Este fenómeno puede producirse si se reúnen los puntos siguientes:

1. Períodos de lluvia intensos, que puede no coincidir con períodos de actividad volcánica.
2. Fusión de glaciación en las partes altas de un volcán, durante la actividad volcánica.
3. Vaciado de un lago hospedado en la cumbre de un volcán.
4. Caída de ladera debido a una alteración hidrotermal o sismo prolongado.

#### 3.4.4- El mecanismo del flujo de lodo: 154

Las erupciones tipo géiser que ocurran en el cráter o en los flancos de un volcán son capaces de liberar flujos de agua a alta temperatura cargada de ceniza. Por eso, la activación de un campo geotermal desarrollado por un evento volcánico puede ser responsable de perturbaciones en la circulación de las aguas freáticas generando torrentes de agua caliente como ocurrió durante la formación del cono basáltico de Jorullo, México durante el año 1759.

Las erupciones que ocurren en los lagos de cráter son bastante destructivas. La erupción del monte Kelut en Java liberó cerca de 38 millones de m<sup>3</sup> de agua cargada con abundantes fragmentos de roca. Sólo en 45 minutos esta masa inundó 131 km<sup>2</sup> de tierra cultivada, arrasó con 104 aldeas y provocó cerca de 5 mil fatalidades.

La nieve y el hielo ubicado en la cima de un volcán pueden sufrir de licuefacción producida por un campo geotermal. Este mecanismo puede dar origen a grandes flujos de agua y de lahares importantes. Los cuerpos glaciares pueden ser modificados, o totalmente fundidos, debido a este tipo de fenómenos. Los lahares de la erupción del Cotopaxi en Ecuador, fueron documentados íntegramente por Fenner durante el año 1948. Durante este evento, los flujos pudieron alcanzar velocidades de 80 km/h y algunos viajaron más de 250 km, remontando valles y otros glaciares. En 1963, un flujo de lava del volcán Villarrica en Chile fundió hielo y nieve generando lahares que destruyeron aldeas y campos en los faldeos del volcán.

Las erupciones subglaciales y las solfataras pueden causar suficiente derretimiento como para que fluya agua por debajo de la capa de hielo. Los flujos de agua se distribuyen por canales subglaciales cargados de materiales volcán-sedimentarios, en particular detritos basálticos (hialoclastitas) y también grandes bloques de hielo. Tenemos el ejemplo del lahare del monte Katla en Islandia en el año 1918 los cuales cubrieron una superficie de 125 km<sup>2</sup> de extensión.

Entre los lahares más comunes están los que se forman luego de erupciones volcánicas iniciadas durante el transcurso de fuertes lluvias tropicales. La acumulación de ceniza (caliente) alrededor de los volcanes, puede matar a la vegetación limítrofe que comunmente retarda el escurrimiento del agua. Tenemos el ejemplo del lahare que destruyó la ciudad de Cartago en Costa Rica en la década de los 60, producto de las fuertes lluvias que hubieron durante la erupción del monte Irazú.

La erupción del Nevado del Ruiz el año 1985 fue un evento muy violento. Los flujos de lodo se deslizaron de manera violenta por la pendiente y sus consecuencias fueron importantes por el hecho que se encajonaron en valles estrechos.

## 4- Corrimientos de tierras

### 4.1- Generalidad sobre los movimientos de tierra:

Un movimiento de tierra es un fenómeno geológico, y un desastre muy parecido a las avalanchas, pero en lugar de arrastrar nieve, arrastra tierra, rocas, árboles, fragmentos de casas, etc. Los corrimientos de tierra pueden ser provocados por terremotos, erupciones volcánicas o inestabilidad de la zona. 155

El movimiento de tierra se desliza sobre un plan que puede ser curvo o lineal, y conserva el aspecto original de su masa hasta el final. El desplazamiento puede ser con o sin rupturas. 155

El movimiento de tierra puede ocurrirse de una manera rápida y violenta como en el caso de caída de roca o deslizamiento brusco, desprendimiento, hundimiento, o si no, de una manera progresiva como en el caso de un deslizamiento permanente.

Los procesos responsables del movimiento de tierra son complejos y no son debidos a una sola causa. La geología, el relieve y la exposición son parámetros muy importantes que son más o menos constantes en un periodo largo, y determinan la predisposición general del terreno a los fenómenos de inestabilidad.

El proceso que desarrolla esta inestabilidad empieza en el momento de la formación de la roca cuando sus propiedades químicas y físicas están estabilizadas. Estas propiedades determinan su comportamiento en caso de erosión y alteración. Las diferentes glaciaciones del periodo cuaternario han formado los valles alpinos en forma de Arcaduz (auge). Al retirarse los glaciares se provoca un estado de inestabilidad para las vertientes de los valles. 155

**Los movimientos de tierra son el resultado de un cambio en los equilibrios de las fuerzas en las vertientes** (relación entre las fuerzas resistentes y las fuerzas locomotoras). Por eso, los procesos de alteración que se producen sobre un periodo largo, y los procesos de fluctuación de la napa freática, influyen la estabilidad de un lado del terreno de manera continua. En general, **el agua tiene un rol muy importante en la inestabilidad de los terrenos**. El agua produce presiones hidrostáticas en los poros, fisuras, así que fuerzas de percolación. El agua en estado de hielo puede provocar un aumento de volumen de los minerales de arcilloso. 155

## 4.2- Corrimientos de tierra: 156

Los corrimientos de tierra son movimientos de masas compactas o de suelos suaves que deslazan río abajo (Aval). Son los resultados de una ruptura por cortes, puede producirse también sobre un talud o una pendiente moderada o fuerte. En general la presencia del agua tiene una importancia en los corrimientos de tierra por las fuerzas de presiones intersticial que provoca, así que por, las presiones debidas a la aumentación de volumen de los minerales de arcilla.

Podemos distinguir dos tipos de corrimientos de tierra:

- Corrimiento de tierra rotacional:

Son en general de volumen limitado, ocurren en los suelos suaves sobre todo homogéneos, arcilloso y silteux. Sobre una sección vertical de suelo podemos observar que la superficie del deslizamiento es de forma circular. Durante este tipo de corrimiento de tierra el material deslizado conoce muy pocos cambios de estado.

- Corrimientos de tierra translacional :

Las capas de suelo o los grupos de capas de suelo deslazan sobre una zona débil que ya existía en el suelo como por ejemplo una ruptura de estratificación, o una superficie de ruptura. Estos corrimientos de tierra pueden ser de algunos metros cuadrado hasta algunos kilómetros cuadrados. El espesor de las masas puede llegar a más de 10 metros. Los suelos de “flysch, esquistos de margas y calizas o los esquistos metamórfica son los suelos más afectados por este tipo de corrimientos de tierra.

Con respecto a la velocidad de los corrimientos de tierra, esta puede empezar siendo de algunos milímetros por año, en caso de deslizamiento lento hasta algunos centímetros o decímetros por año en caso de corrimiento de tierra activo. En algunos casos la velocidad puede ser de algunos decímetros por día sin que la masa pierda su aspecto compacto, como por ejemplo el corrimiento de tierra de Falli Hölli con una velocidad de 6m/día en agosto 1994.

### **4.3- Mecanismos de los movimientos de tierra: 157**

Se han establecido muchas clasificaciones basadas sobre criterios como el mecanismo del movimiento, la composición del material, la velocidad del proceso o los mecanismos del inicio. Para evitar confusiones los principales movimientos de tierra son clasificados así:

Los procesos de deslizamiento:

Es un movimiento en pendiente hacia el valle, afecta a una masa de roca o de terreno mole (suave), al largo de una o de múltiples superficies de deslizamiento.

Los procesos de caída de rocas:

Esta empieza por la desagregación de la roca o de un terreno mole sobre una pendiente fuerte a lo largo de una superficie donde se desarrollan movimientos de “cortes” de terreno (cisaillement).

Los procesos de “caídas continuas” de tierra (écoulement)

Resulta de un movimiento continuo de una zona superficial de terreno que sale rápidamente de la zona donde se producen los cortes de tierra con un volumen compacto en el principio, y que puede cambiar después. La repartición de la velocidad en la masa del volumen es parecida a la de los flujos viscosos.

#### **4.3.1- clasificación de los corrimientos de tierras:**

Los corrimientos de tierra pueden ser clasificados según la distancia de profundidad de la superficie de deslizamiento o según la velocidad media a largo tiempo del movimiento. Durante la evaluación del riesgo debido a un corrimiento de tierra aparte de su velocidad y volumen hay que tomar en cuenta los movimientos diferenciales que se notan y que puedan generar fisuras e inestabilidad en los edificios. Algunos corrimientos de tierra pueden transformarse en un flujo de lodo que puede afectar una zona amplia. Hay que cuidar también a las interacciones entre los corrimientos de tierra y el agua, ésta última puede encontrar obstáculos que la bloquean concentrándose así una gran masa de agua con una gran energía destructiva.

Clasificación de los corrimientos de tierra según la actividad:

Para esta clasificación se toma en cuenta la evaluación de la velocidad media y el tiempo del movimiento,

Corrimiento de tierra muy lento: 0-2 cm por año

Corrimiento de tierra poco activo y lento: 2-10 cm por año

Corrimiento de tierra activo con fases rápidas: más de 10 cm por año

Clasificación según la profundidad de la superficie de deslizamiento:

Corrimiento de tierra superficial: 0-2 m

Corrimiento de tierra medio profundo: 2-10 m

Corrimiento de tierra profundo: más de 10 m

#### **4.3.2- clasificación de las caídas de rocas:**

La caída de roca está caracterizada por la caída esporádica de bloques más o menos aislados (piedras < 50 cm de diámetro, bloques > de 50 cm de diámetro). Este fenómeno caracteriza la degradación continua de una zona de roca determinada por su geología, por su exposición y por su alteración. El volumen de la roca que podría caer no se puede establecer sin estudios técnicos determinados.

La velocidad de la caída varía entre 5 y 30 m/s, en la descripción de una caída de roca hay que diferenciar entre la fase “resurgimiento” de la caída (cf. en français: “rebondissement”) y del “movimiento” de la caída (cf. en français: “roulement”). En las pendientes de menos de 30° las rocas tienen tendencia a pararse. El bosque tiene un rol muy importante para absorber la inercia de la roca así que su energía la cual puede ser reducida gracias a los arboles.

#### **4.4- Tipologías de los terrenos inestables: 158**

##### **4.4.1- Fenómeno de inestabilidad con una superficie de corrimiento:**

En la mayoría del tiempo los corrimientos de tierra se dividen en general en dos tipos.

a) los corrimientos de tierra rotacionales, que se producen en los terrenos suaves homogéneos, isótropos y cohesivos.

b) los corrimientos de tierra sobre plano que se producen en los suelos estratificado, que son de manera general roca, caracterizados por una orientación preferida.

- Corrimiento de tierra rotacional :  
Tomado en cuenta por varias metodologías de cálculo de estabilidad. Estas metodologías toman en cuenta una sección bidimensional del deslizamiento, sobre la cual la superficie de rotura es un arco de círculo. En la realidad tridimensional, la superficie de rotura es una esfera, la superficie de rotura esférica, es la única que permite el deslizamiento de una masa importante de materiales y con un mínimo de energía. Gracias a la morfología, estos tipos de deslizamientos son fáciles a reconocer, por la forma, y la rigidez de las extracciones. Estos deslizamientos afectan los terrenos suaves con una fuerte cohesión, no estratificada, en arcilla y limo.
  
- Corrimiento de tierra sobre plano :  
  
Son todos los deslizamientos que se producen sobre una superficie discontinua, débil y sujeta a rotura, la superficie puede tener :
  - ❖ Un nivel arcilloso
  - ❖ Un nivel esquistoso del masivo de roca orientado según la pendiente de la cuenca. (deslizamiento capa sobre capa)
  - ❖ Una discontinuidad tectónica
  - ❖ Una falla

Los deslizamientos de capa sobre capa no son frecuentes, por eso los corrimientos sobre plano concierne más el macizo de roca. En el caso de deslizamiento de capa sobre capa, la rotura se hace posible gracias a la presencia de un sistema de dislocación, por ejemplo el desencajamiento de una falla o un nivel de esquistosidad secundaria.

El rol del agua es muy importante por su efecto lubricante, y de presión. La dimensión del deslizamiento es muy variada, puede ser de unos m<sup>3</sup> hasta deslizamiento gigantes como lo del Flims en Grisons en Suiza, que representó 12 billones de m<sup>3</sup>, sea 12Km<sup>3</sup>. Este tipo de corrimiento en la mayoría de los casos son provocados por errores humanos.
  
- Corrimiento de tierra translacional :  
Este tipo de corrimiento reunifica los deslizamientos complejos, que pueden empezar como un deslizamiento rotacional y cambiar durante su desarrollo. Este tipo no es muy frecuente, en estos casos, los deslizamientos tienen una longitud más importante que la profundidad, y pueden tener además varias superficies de deslizamiento.

#### **4.4.2- Inestabilidad de una pendiente en zona sísmica: 159**

El problema de inestabilidad de las pendientes en zonas sísmicas hace que un corrimiento de tierra pueda tener lugar sin señales precursoras. Sobre todo en los periodos de clima desfavorable.

El seísmo puede producir fenómenos como:

- ❖ Caída de roca
- ❖ Desprendimiento de roca
- ❖ Hundimientos de roca
- ❖ Corrimiento y hundimiento de materiales pocos cohesivos
- ❖ Caída de glaciares
- ❖ Avalanchas de nieve

Todos estos fenómenos se producen por rotura brusca, sobre superficies de discontinuidad.

Otros fenómenos pueden ser provocados por los seísmos:

- ❖ Los deslizamientos de arcillas sensibles y/o arcillas sensibles por licuefacción (tixotropía) .
- ❖ Los hundimientos fangosos provocados por el cambio de camino de un corte de agua.

Para las formaciones suaves sobresaturada, el seísmo puede aumentar las presiones intersticiales que pueden provocar un corrimiento de tierra.

La sola amplitud del seísmo no es determinante, es la relación entre esta amplitud y el coeficiente de seguridad que va a determinar el fenómeno y también las sacudidas que siguen después del seísmo.

Las regiones del mundo donde los riesgos de un corrimiento de tierra por causa de seísmo existen, están ubicadas en las dos extremidades de la cadena del Himalaya: Hindukush, Pamir, Tadzikistan, Kirghizie, Sechouan e Yunnan en China. Otras regiones se encuentran en el Caucaso, en Japon y en la cadena de la montaña de Wyoming en Alaska. Sin olvidar África del Norte e Italia, pero con una escala de corrimiento de tierra mucho más reducida.

#### **4.4.3- Inestabilidad de una pendiente provocada por el hombre: 160**

El hombre puede estar al origen de un corrimiento de tierra haciendo las cosas siguientes:

- ❖ Cortar la base de la zona en riesgo.
- ❖ Aligerar el pie de la zona inestable haciendo excavación, o haciendo una reserva hidráulica.

- ❖ Sobrecargar la parte arriba de la zona inestable.
- ❖ Modificar las condiciones hidráulicas de una zona inestable:
  - Poniendo agua, aumentando el nivel de la napa freática.
  - Bajando bruscamente el nivel de la napa freática en la parte baja de la zona inestable.
- ❖ Remover los materiales potencialmente inestables.
  - Con explosivos
  - Con los movimientos de máquinas o aparatos pesados o cargados.
  
- ❖ El aumento de la erosión ocasionada por una urbanización masiva.

## **5- Otras formaciones geológicas en relación con las placas tectónicas:**

### **5.1 - Volcanes**

La tierra tiene casi de 10 000 volcanes en los continentes y en los océanos, en los últimos 10 000 años unos 1500 volcanes han sido activos. Unos 100 volcanes son considerados como peligrosos. Desde el año 1700, se han provocado 265 000 fatalidades debidos al fenómeno volcánico. Hoy día, casi 500 millones de personas viven bajo riesgo volcánico.

El volcàn es el único medio para observar y estudiar los materiales líticos de origen magnatico, que representan 80% de la corteza solida. El volcàn es una estructura geológica, por la cual emerge el magma y los gases. El ascenso ocurre generalmente en episodios llamados erupciones. Cuando se acumula el material arrastrado desde el interior se forma una estructura cónica en la superficie que puede alcanzar una altura de varios kilómetros. El conducto que comunica entre el depósito de magma y la superficie se llama chimenea, esta última termina donde empieza el cráter. Algunos volcanes después de una erupción, se colapsan formando depresiones enormes en sus cimas las que se llaman calderas.

#### **5.1.1- El fenómeno volcánico.**

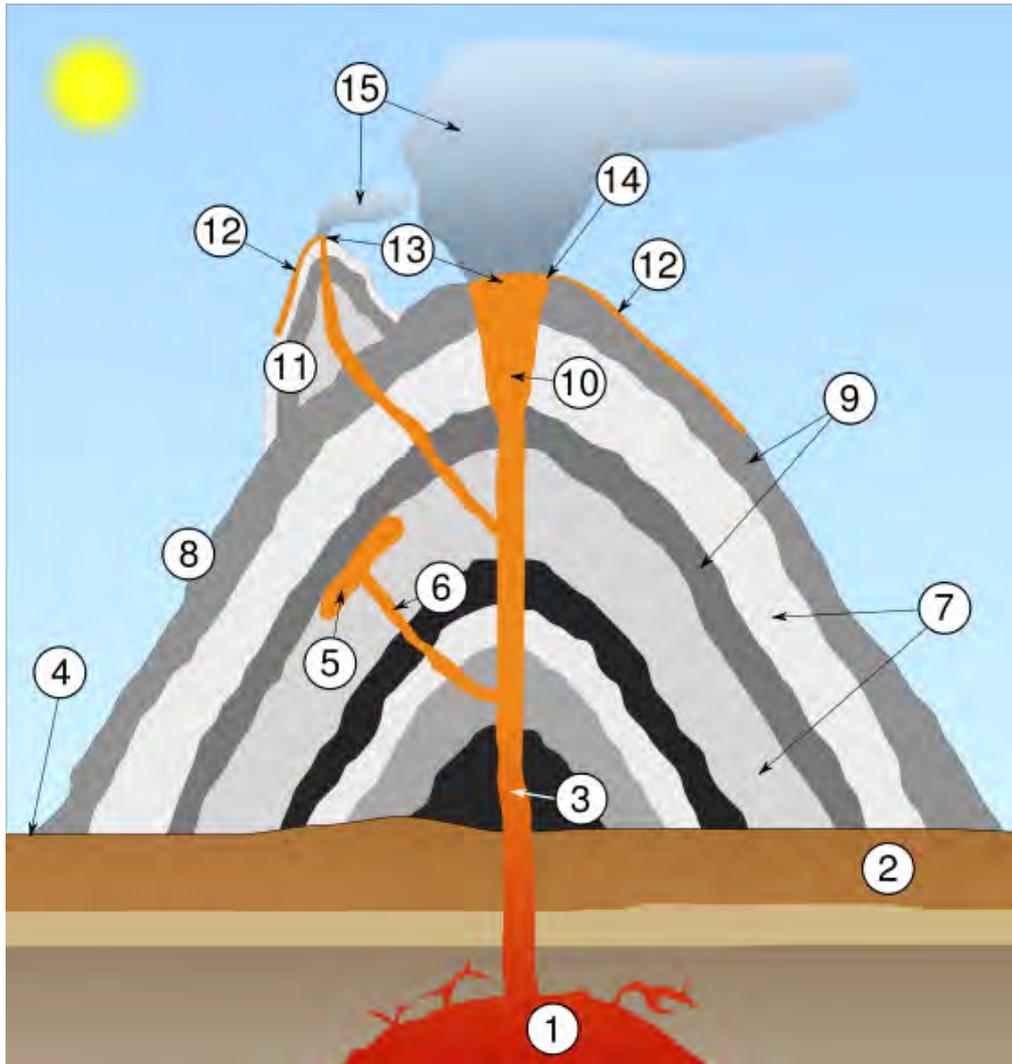
El 80% de los volcanes activos están ubicados en la zona límite de las placas, es decir en las zonas de colisión, 15% de estos volcanes se ubican donde las placas se separan, y 5% de ellos se encuentran en los llamados puntos conflictivos “hot spots”.



La ubicación de los volcanes más importantes en el mundo 162

Las tres partes donde se ubican los volcanes son:

- Las cadenas basaltos medio-oceánica: Se ubican en general en el fondo oceánico donde las placas se separan, una parte está dentro el mar y es continua, y la otra parte que representa 2/3 de la roca esta en superficie, desarrollando islas.
- Zonas de subducción: en esta zona el borde de la placa baja con una velocidad de 2 a 10 cm/año, y la producción del magma ocurre a una profundidad de 100 a 200 Km. En general, en esta zona los volcanes son peligrosos (explosivos), por ejemplo, la explosión en 1991 del volcán de Pinatubo en Filipinas, y la de St Helens, en Estados Unidos en 1980.
- Puntos volcánicos de conflictos: se caracteriza con una chimenea que va del cráter hasta el manto con una distancia de 2885 Km, por ejemplo la cadena de Hawai en Estados Unidos.



1. Cámara magmática
2. Roca
3. Chimenea
4. Base
5. Depósito de lava
6. Fisura
7. Capas de ceniza emitida por el volcán
8. Cono
9. Capas de lava emitida por el volcán (Coladas)
10. Garganta
11. Cono parásito
12. Flujo de lava
13. Ventiladero
14. Cráter

### 5.1.2- Los tipos de actividad volcánica:

- Actividad de volcanes silícicos explosivos:

Esta actividad se caracteriza por una columna piliniana compuesta de gas y de fragmentos de magma, que puede llegar hasta 10 Km de altura y a una velocidad de 200 a 300 m/s o más. La lava es viscosa y tiene una velocidad de 4cm/h hasta 40cm/h.



Erupción de St Helens del 18 de mayo de 1980 (163)

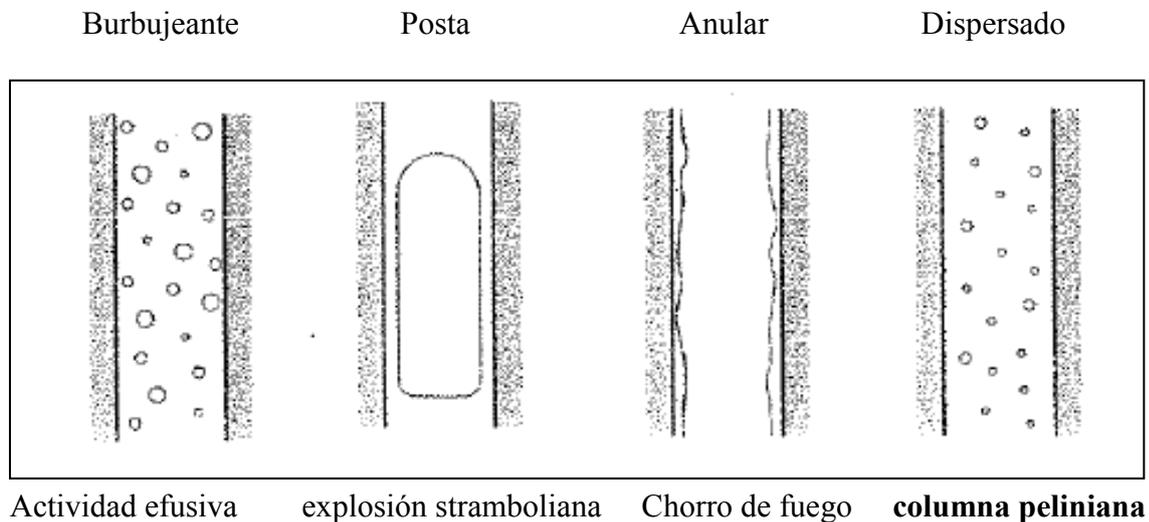
- Actividad de volcanes basaltos:

Esta actividad se caracteriza por una fuente de fuego compuesto de un chorro de gas y de magma. El evento puede durar varios días, y la altura del chorro puede llegar hasta 400m de altura y con una velocidad de lava que llegar entre 100m/s y 200m/s.



Erupción de Pitón la Fournaise en la Isla de la Reunión en noviembre de 1977 164

Podemos también clasificar la actividad volcánica por el tipo de función del gas que contiene:



### 5.1.3- Los tipos de erupciones:

Hoy día no es posible de saber cuándo una erupción puede ocurrir, aunque a veces ella es precedida por sacudidas sísmicas y por emisión de fumarolas. La intensidad de la erupción está relacionada con la acidez de las lavas, así que con el contenido de gases.

Las erupciones son debidas al aumento de temperatura en el magma que se encuentra en el interior del manto. Con la presión de los gases se provoca una erupción volcánica en la que se expulsa la lava hacia afuera del manto, esto puede también generar derretimiento de hielos y glaciares, derrumbes, aluviones, etcétera. Las erupciones también se caracterizan por otros factores tales que la temperatura de la lava, su contenido de gases y el estado del conducto volcánico.

### Erupción Hawaiana :

Se caracteriza por la abundancia de lava fluida y efusiva, basáltica, con escaso contenido de gases. Su actividad explosiva es muy poca pero puede formar montículos de escoria alrededor de los conductos volcánicos de la lava. La erupción Hawaiana es conocida por ser una erupción lateral, es decir la lava sale por las fisuras de los costados del cono volcánico. En general, el magma formado en la capa superior del manto asciende por canales hasta la superficie de la tierra. Este magma no sale directamente, pero se acumula en la cámara magmáticas. Luego, cuando la presión es alta, debido a sus propiedades físicas, el magma empieza a salir lentamente. Podemos encontrar este tipo de erupción en los volcanes: Mauna Lao y Kilauea en las islas Hawaii.



Erupción Hawaiana 165

### Erupción Stramboliana:

Este tipo de erupción se caracteriza por su una lava basáltica menos fluida que la del tipo Hawaiana. Por eso, en este tipo de erupción, las explosiones son más comunes, y se proyectan más materiales y fragmentos. Algunas porciones de lava a menudo fundida pueden ser lanzadas desde el cráter del volcàn formando lapilli y bombas. Los volcanes conocidos por este tipo de erupción son: los volcanes de Stramboli en el mar del Mediterráneo, y Kiluchevski en Kamchatka.



Erupción Stramboliano: El volcán Mayón, en las islas Filipinas

Erupción de tipo vulcaniano:

La erupción de tipo vulcaniano se caracteriza por tener una lava viscosa que sale en forma de chorros, sin embargo, su estado fluido se pierde cuando entra en contacto con el aire. Después de cada erupción se forman costras que se vuelven duras y después son fragmentadas en las futuras explosiones. Sale mucha ceniza así que gases durante la erupción, ellas forman inmensas nubes volcánicas que provocan lluvias ácidas. La lava sale de las grietas laterales y desciende por las laderas del cono. Algunos volcanes conocidos como el Vesubio, el Etna son característicos de este tipo de erupción.



Erupción de tipo vulcaniano “Etna en 2002” 166

### Erupción de tipo Peleeano:

Esta erupción, se caracteriza por tener una lava muy viscosa, y una importante cantidad de gases, las explosiones son de una extrema violencia y son precedidas de sacudidas subterráneas. Uno de sus características distintivas es la formación de nubes ardientes. Estas nubes se componen de cenizas muy calientes y finas, de fragmentos de rocas incandescente y de gases calientes. La erupción va acompañada de múltiples explosiones y la lava sale lateralmente de las grietas. Los volcanes con este tipo de erupción son: el Monte Pelée situado en la Isla Martinica de las Antillas Menores.



El Monte Pelée situado en la isla Martinica Erupción del 8 de Mayo de 1902 167

### 5.1.4- Los parámetros físicos de una erupción:

- La geometría del sistema magmático:

La cámara de magma en general puede tener una dimensión entre 10 Km y 100 Km de distancia horizontal, así que una distancia vertical de hasta 10 Km. Tenemos algunos ejemplos de cámara magmática como:

Kilauea en Hawaii con un volumen de  $10^{10} \text{ m}^3$

Karafla en Islandia con un volumen de  $3 \times 10^{10} \text{ m}^3$

Cascade Range en Estados Unidos con un volumen de  $10^{10} \text{ m}^3$

- El volumen eyectado por erupción:

El volumen eyectado durante una erupción es una fracción del volumen presente en la cámara magmática, podemos dar ejemplos de cantidad de lava eyectada durante una erupción:

Kilauea en Hawai : el volumen eyectado fue de  $10^7 \text{ m}^3$  hasta  $10^8 \text{ m}^3$

St Helens en Estados Unidos : el volumen eyectado fue de  $3 \times 10^8 \text{ m}^3$

Algunas erupciones que fueron muy importantes en la antigüedad y que tuvieron casi el mismo volumen que la cámara magmática y que dio formación a la caldera son:

erupción de Taupo en Nueva Zelanda, su volumen fue  $10^{10} \text{ m}^3$

erupción de Katmai en Alaska, su volumen fue de  $2 \times 10^{10} \text{ m}^3$

erupción de Minoan en Santorini (Grecia), con un volumen de  $3 \times 10^{10} \text{ m}^3$

- La formación de la Caldera :

Escenario n°1

El nuevo magma producido va a rellenar la cámara magmática y va a provocar una erupción volcánica, compuesta de lava y de columnas de cenizas incandescentes.

Escenario n°2

La erupción de lava y el flujo piroclástico continúan, y la cámara magmática se agota parcialmente.

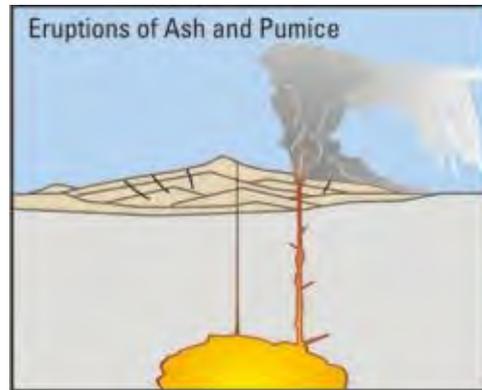
Escenario n°3

La caldera se forma cuando el volumen que está arriba de la cámara magmática colapsa dentro de esta última. Un gran flujo piroclástico acompaña el colapso, este va a formar la caldera sobre una superficie de varios kilómetros.

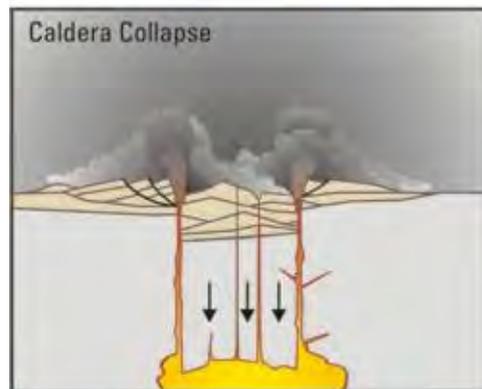
Escenario n°4

Por fin, un lago se forma en la caldera, y lo que queda de magma en la cámara se enfría, una pequeña actividad eruptiva continúa en forma de emisiones de gases y agua termales. Un pequeño cono volcánico se forma en la caldera.

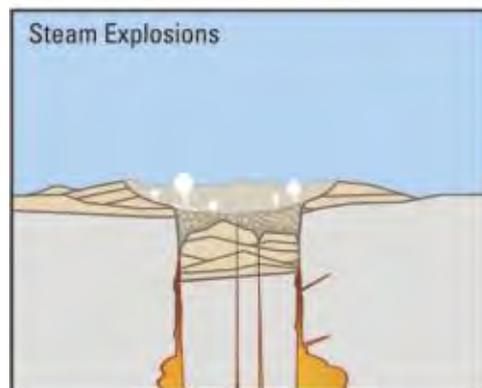
Escenario n°1



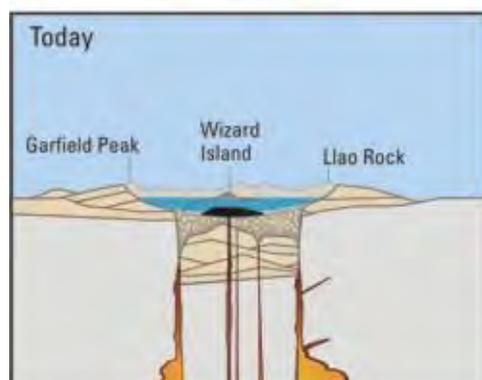
Escenario n°2



Escenario n°3



Escenario n°4





Caldera Aniakchak, Alaska 168

- Los conductos volcánicos

Los conductos volcánicos son de forma cilíndrica y su radio varía entre 7 m y 16 m. Tenemos los ejemplos siguientes:

Kilauea : con 7 m de radio

St Helens : con 12 m de radio

Inyo Dome : con 16 m de radio

- La profundidad de la cámara magmática

La profundidad de la cámara magmática varía entre 300 m y 10 km, tenemos los ejemplos siguientes:

Stromboli : con 700 m de profundidad,

Kilauea : con 4 km de profundidad,

St Helens : 7 a 10 km de profundidad.

- Antepechos y diques.

Los antepechos son los tubulares o conductos horizontales, paralelos a la estratificación de la roca.

Los diques son conductos importantes por donde pasa el magma.

- Diferentes tipos de conos

Volcán escudo:

Es un volcán de grande dimensión y está formado a partir de las sucesivas capas de lava basálticas fluidas, por este motivo tienen una pendiente suave. En este tipo de cono el magma puede salir por la cumbre o por los flancos.



Volcán Mauna Loa en Hawaii 169

Volcán domo:

Es una masa bulbosa de magma félsico que es muy viscosa, ella circula al nivel del cono produciendo un domo.



Volcan Monte St Helens , Washington 170

Volcán con cono de ceniza:

Un cono de cenizas es un mini volcán formado principalmente por piroclásticos expulsados a partir de una sola chimenea, tiene un tipo de lava semisólida compuesta de cenizas y lava viscosa. Contiene magma basáltico relativamente rico en gas. Los conos de cenizas jóvenes tienen pendientes fuertes entre 30 y 40 grados. Generalmente, los conos de cenizas son fruto de un único episodio eruptivo que a veces dura unas semanas y en raras ocasiones supera unos pocos años. Cuando la erupción termina, el magma del tubo que conecta la cámara magmática y la chimenea se solidifica y el volcán no volverá a entrar en erupción nunca más.



Volcán Cerro negro, Nicaragua 171

#### Volcán compuesto:

Llamado también estratovolcán, es un volcán de gran altura, compuesto por múltiples capas de lava endurecida, de piroclástico y de cenizas volcánicas. La lava que fluye desde su interior es muy viscosa la cual se enfría y endurece rápidamente. La fuente de magma de estas montañas está clasificada como ácida o alta en silicio, con presencia de riolita, dacita y andesita. En general los estratovolcanes exceden los 2500 metros de altitud.



Volcán Monte Fuji en Japón 172

- Trapp

Es una denominación internacional que se le da a las formaciones de basalto resultado de erupciones volcánicas que inundaron con lava grandes superficies de tierras o fondos oceánicos. Este fenómeno ocurrió a escala continental en la prehistoria generando grandes regiones de mesetas y cordilleras basálticas. Las erupciones que generaron trapp ocurrieron a intervalos variados a través de la historia geológica. La existencia del trapp se debe a la combinación de diversos factores en una región : presencia de fallas geológicas caracterizada por la existencia de descompresión por fusión, y con una pluma mantélica que tiende igualmente a la descompresión por fusión, produciendo grandes cantidades de magma de baja viscosidad.

Ejemplos de trapps: Los trapps del Decan de India central, los Trapps de Siberia y la meseta del río Columbia en el oeste de América del Norte son tres regiones cubiertas por basalto desde la prehistoria. Los dos mayores eventos de erupción de basalto son los siguientes: Eldgjá y Lakagigar, ambos en Islandia. La superficie cubierta por una

erupción puede variar entre 200.000 km<sup>2</sup> (Karoo) a 1.500.000 km<sup>2</sup> (Traps de Siberia). El espesor puede variar entre 2.000 m (traps del Decan) a 12.000 m (Lago Superior).



Moses Coulee mostrando múltiples venas de basalto del macizo basáltico del río Columbia. 173

### **5.1.5- El mecanismo de iniciación de una erupción**

Una erupción volcánica es precedida de un aumento del volumen del volcán así que sacudidas sísmicas alrededor de la cámara magmática. Estos dos fenómenos al aumentar hacen que la roca se rompa provocando la erupción.

Dos mecanismos pueden provocar una erupción de un volcán:

- Reabastecimiento de la cámara magmática por una profunda fuente de magma.
- Cristalización fraccionada, lo que aumenta el volumen del magma así que la presión.

### **5.6- Los elementos precursores de una erupción**

Cada volcán tiene su propia forma de comportamiento que se presenta de múltiples maneras. Cuando se intenta entender cómo se comporta usualmente un volcán, se dice que se está intentando de establecer su línea base de actividad. La mayoría de las

erupciones, por no decir todas, vienen precedidas y acompañadas por cambios geofísicos y/o geoquímicos que se producen en el volcán.

Los cambios en la actividad volcánica se presentan bajo características diversas, cambios en la química y temperatura del agua, cambio en la química de los gases fumarólicos, cambios en dimensiones de grietas y presencia de derrumbes. Si estos cambios persisten con tendencia a aumentar se provoca lo que podemos llamar una crisis volcánica.

Algunos cambios grandes son perceptibles por los habitantes que vivan cerca del volcán, y requieren de una atención especial por parte de los vulcanólogos. Sin embargo, la mayoría de los cambios son pequeños y sutiles pero pueden ser detectados y medidos con exactitud mediante técnicas e instrumentos existentes actualmente.

Algunos cambios en los volcanes activos son registrados por el equipo de monitoreo y no siempre provocan una erupción porque son actitudes normales en la actividad del volcán, en otras ocasiones los cambios son verdaderos precursores de las erupciones. En tal ocasión, para el buen manejo de la emergencia, es importante tener y establecer un plan de acción.

#### TECNICAS DE MONITOREO APLICADAS PARA LOS PRINCIPALES VOLCANES ACTIVOS DE EL SALVADOR

Santa Ana	Izalco*	San Salvador	San Vicente*	San Miguel
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sísmica</li> <li>• Hidrogeoquímica</li> <li>• Observación visual</li> <li>• Temperatura de fumarolas</li> <li>• CO<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sísmica</li> <li>• Monitoreo de grietas</li> <li>• Observación visual</li> <li>• Temperatura de fumarolas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sísmica</li> <li>• Hidrogeoquímica</li> <li>• Observación visual</li> <li>• Temperatura de fumarolas</li> <li>• CO<sub>2</sub></li> <li>• Deformación</li> <li>• Radón</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sísmica</li> <li>• Observación visual</li> <li>• Temperatura de fumarolas</li> <li>• CO<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sísmica</li> <li>• Monitoreo de grietas</li> <li>• Observación visual</li> <li>• Temperatura de fumarolas</li> <li>• CO<sub>2</sub></li> <li>• Radón</li> </ul>

#### SISTEMA DE ALERTAS INTERNAS Y SUS CARACTERISTICAS

Nivel de Alerta	Cuando decretarla	Acciones a tomar	Comentarios
Alerta Baja	Se observan cambios en la sismicidad, tales como enjambres, temblores, explosiones, eventos tipo A y B. Hay reporte de sismos sentidos por las población cercana al volcán	<p>Acción principal: <b>Intensificar la observación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor atención y análisis de las señales en los registros sísmicos</li> <li>- Aumentar el tiempo de observación a los registros</li> <li>- Llamadas por teléfono a observadores locales de la zona del volcán</li> <li>- Consultar niveles de CO<sub>2</sub></li> <li>- Documentar y correlacionar los cambios</li> <li>- Requiere personal de turno para el monitoreo en horas no hábiles, etc.</li> </ul>	Discusiones periódicas entre sismólogos, vulcanólogos y técnicos
Alerta Media (El potencial de erupción es moderado)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Persisten los cambios en la sismicidad con cierta tendencia a incrementarse</li> <li>- Aumento en la emisión de gas y cambio de temperatura en fumarolas, se escuchan ruidos raros</li> <li>- Hay cambios en las grietas,</li> </ul>	<p>Acción principal: <b>Intensificar el monitoreo, aumentar personal, recursos y logística</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor esfuerzo en documentar mejor los cambios y correlacionar datos con otras técnicas</li> <li>- Instalar más equipo técnico y científico</li> <li>- Inspecciones periódicas al cráter y zona</li> </ul>	Continuar Discusiones periódicas entre sismólogos, vulcanólogos para evaluar posible erupción

	ocurrencia de derrumbes, cambios en CO <sub>2</sub> y química de las aguas	volcánica - Interactuar con observadores locales - Coordinar vuelos aéreos para evaluar el estado del volcán - Consultar con expertos vulcanólogos y comunicadores - Reunión general con directores de SNET, SG, COEN, otros para discutir el estado del volcán. <b>Con los resultados del monitoreo preparar comunicados, informes periódicos al COEN y, medios de comunicación del seguimiento de la actividad, otras entrevistas</b>	Solicitar ayuda internacional
Alerta Alta (Crisis volcánica)	Continúan aumentando los parámetros de las alertas anteriores.  Los precursores de erupción están claros: la actividad sísmica es sentida, hay temblores, retumbos, visible columna de gas con caída leve de ceniza, otras fumarolas y grietas, derrumbes, alarma en la gente que vive cerca del volcán.	Acción principal: <b>Intensificar el monitoreo 24 horas del día, emitir boletines informativos cada 8 horas, emitir valoraciones.</b>  - Requiere apoyo de todo el personal del SNET bajo régimen de disponibilidad para labores de campo y oficina, solicitar recursos y logística - Coordinadores y altos mandos trabajarán en turnos de noche vigilando el fenómeno - Declarar la primera alerta externa (alerta amarilla), posible erupción en 45 días?	El potencial de erupción es alto  Debe declararse las alertas externas y desarrollar los planes de emergencia y evacuación, informar a la población de los peligros, publicar mapas de amenaza etc

Fuente: <http://www.snet.gob.sv/>

## 6. Resumen del capítulo:

La teoría de la Tectónica de placas explica que todos estos fenómenos (deriva continental, formación de cordilleras continentales y submarinas) son manifestaciones de procesos de liberación del calor original de la Tierra adquirido durante su formación así que el calor generado durante la eliminación de elementos radioactivos. Estos procesos fragmentan la litosfera en baldosas, hacen que se separen, deriven y deformen la superficie terrestre. Las colisiones y las distensiones de placas generan tensiones importantes en las rocas comprimidas; cuando estas rocas llegan a un límite de compresión tal que hace que se liberen estas tensiones, se produce “una ruptura”. Esta ruptura origina un terremoto.

Podemos observar tres líneas importantes de densidad geográfica de los seísmos:

- La línea del Pacífico: Casi el 80% de la energía sísmica se libera cada año en esta línea.
- La línea de Asia: ella libera casi el 15% de la energía sísmica cada año. La línea de Asia se conecta con la línea del Pacífico y se prolonga hasta el Mediterráneo y las costas Ibéricas.
- Dorsal oceánico: Se libera aquí el resto de la energía sísmica que es de 5% cada año.

Los seísmos pueden ser :

- Seísmo tectónico
- Seísmo volcánico
- Seísmo debido a un desmoronamiento
- Seísmo debido a un impacto de meteorito
- Seísmos debidos a la actividad del hombre

Los efectos de los seísmos son los siguientes:

- Licuefacción
- Corrimientos de tierra
- Emergencia de la falla del suelo
- Tsunami:
- Terremoto del mar
- Seiches

Las ondas sísmicas se componen de dos partes:

1. **Las ondas de volumen que viajan en todas las direcciones dentro la tierra, siguen caminos curvos debido a la variada densidad y composición del interior de la tierra,** y se componen de dos tipos de ondas que se desplazan a velocidades diferentes, las ondas de compresión, llamadas también “ondas longitudinales (P)” y las ondas de distorsión que se llaman también “ondas transversales (S)”.
  - Las ondas P (Primae Undae) son ondas longitudinales que se desplazan según un movimiento donde el suelo es alternadamente comprimido y dilatado en la dirección de la propagación.
  - Las ondas S (secundae undae) son ondas cuyo desplazamiento es transversal a la dirección de propagación. Su velocidad es más baja que la velocidad de las ondas primarias. Estas ondas aparecen en el terreno un tiempo después que las primeras. Ellas generan las oscilaciones durante el movimiento.
2. Las ondas superficiales constituyen la segunda fase de vida de las ondas de volumen, que se transforman cuando llegan a la superficie terrestre, en el punto límite de los ambientes sólido y líquido necesarios para la propagación de las ondas P y S. **Las ondas superficiales se propagan en paralelo a la superficie terrestre,** se dividen en dos grupos:
  - Las ondas Rayleigh, son ondas superficiales que producen un movimiento elíptico retrógrado del suelo.
  - Las ondas Love son ondas superficiales que producen un movimiento horizontal de corte en superficie.

**Las ondas provocan movimientos en las construcciones, que son horizontales, verticales así que esfuerzos de torsiones.** Estos movimientos desarrollan una fuerza de inercia en las construcciones de dirección contraria a los movimientos de suelo, que permite a los edificios mantener una estabilidad.

Los efectos de los esfuerzos sobre las construcciones son los siguientes:

- Las fuerzas de inercia solicitan la superestructura y **más la masa de la construcción es grande, más las fuerzas de inercia serán grandes. Entonces los edificios ligeros son menos solicitados que los de grandes masas. Los edificios altos realizados en hormigón armado o en acero y cuya construcción ha sido basada en cálculos para poder resistir al viento, resisten muy bien a los seísmos.**
- Los edificios son más débiles a las fuerzas horizontales porque la rigidez horizontal es más baja que la rigidez vertical, porque la parte horizontal conoce deformaciones y desplazamientos importantes. En el caso de un edificio alto y flexible, los desplazamientos grandes se encuentran al origen de la destrucción de elementos no estructurales como la fachada.
- Los esfuerzos de corte pueden generar un deslizamiento de la súper estructura sobre la parte de fundaciones, así que las fisuras sobre los muros en mampostería y hormigón en diagonal.
- Los esfuerzos de flexión, estos provocan una destrucción de los elementos estructurales en las partes comprimidas.
- Los esfuerzos de tracción provocan destrucción en las partes estiradas.
- Los esfuerzos que se llama “P DELTA” debido a la pérdida del eje central de las cargas verticales que por la oscilación de los pisos desarrollan esfuerzos axiales sobre los pilares.

**En los suelos superficiales o los relieves, las oscilaciones son de alta frecuencia, y son muy cercanas de las oscilaciones de las construcciones.** Esto aumenta de una manera importante los esfuerzos que las construcciones deben absorber, porque en general los edificios tienen una rigidez vertical grande lo que la deja vibrar a unas frecuencias altas. Estas oscilaciones verticales no son muy peligrosas para los pilares salvo si hay una sollicitación mixta “Flexión-Compresión”. Sin embargo, estas oscilaciones verticales son peligrosas para los elementos de estructura horizontal como los arcos, vigas, y otros.

El tsunami se construye en tres etapas: “ocurrencia, transmisión y subgerencia”. En el caso de un terremoto, cuando éste ocurre el fondo del mar, el mar sube o baja, lo que desplaza una cantidad importante de agua y desarrolla un tsunami. En la transmisión de un tsunami es la velocidad la que determina la magnitud del fenómeno. La altura de la ola, depende también de la profundidad de fondo marino, más la profundidad es

pequeña, mas la altura de la ola es grande. Las olas del tsunami son muy diferentes de las olas provocadas por el viento. **Las olas de un tsunami tienen mucha energía, que se concentra en algunas topografías, la trayectoria de sus particulares son rectilíneas en dirección hacia la costa, lo que desarrolla un muro de agua vertical llamado “Bore”** con una capacidad importante de penetración y de disipación causando inundaciones importantes y muchas veces un estado catastrófico.

El ciclo hidrológico está compuesto de fenómenos circulares entre evaporación y transpiración así que precipitación. Las precipitaciones están desarrolladas por la evaporación del agua del mar, de los lagos, de los ríos, así que por la transpiración del tejido vegetal por condensación. El ciclo hidrológico o ciclo del agua es el proceso de circulación del agua entre los distintos compartimentos de la hidrósfera.

Los principales procesos implicados en el ciclo hidrológico son:

- La evaporación
- Condensación
- Precipitación
- Infiltración
- Escorrentía
- Circulación subterránea

Las precipitaciones son divididas en tres grupos:

- Precipitación convectiva
- Precipitación orográfica
- Precipitación frontal

**Las precipitaciones puedan generar diferentes tipos de fenómenos, debidos a diferentes factores, como la topografía, el tipo de precipitación, la calidad de la tierra y su constitución,** y de otros factores. Las precipitaciones puedan generar 4 tipos de eventos que son “inundación, flujo de lodo, flujo de escombros y lahares”.

La inundación se produce cuando las precipitaciones son fuertes y provocan una subida importante del nivel de agua en la ciudad, en los lagos y ríos, dejando las redes de circulación y la población paralizados. Este tipo de eventos ocurran en las ciudades con una topografía casi plana.

Un flujo de lodo es el tipo más rápido y fluído de corrimientos de tierra. Consiste en una colada con una alta concentración de materiales detríticos, que se mueven hacia los valles. El material transportado tiene una granulometría muy variable, y un fenómeno singular es que se manifiesta frecuentemente con oleadas sucesivas "pulsaciones" debido a la obstrucción temporal del canal de transporte. Estas coladas detríticas son fenómenos frecuentes en todas las regiones climáticas, tienen una gran importancia por su influencia en la evolución morfológica de las cuencas hidrográficas donde tienen lugar, por el riesgo potencial en las áreas montañosas, así que por su gran capacidad

destruccion. **El flujo de lodo consiste en una mezcla de materiales finos (arena, limo y arcilla) y más gruesos (grava), conteniendo una cantidad variable de agua, la cual se mezcla con escombros vegetales. Se forma así una masa fangosa que se propaga como un cuerpo único, sin separación entre los cuerpos sólidos y líquidos.**

Un flujo de escombros es una masa rápida de escombros no solidificados o no consolidados. El flujo de escombros se diferencia del flujo de lodo por la velocidad. **El flujo de escombros puede llevar rocas de diferentes tamaños y puede también contener una grande cantidad de restos de arboles.** Este tipo de flujo puede ser activado por precipitaciones fuertes, o derretimiento glacial, o la combinación de los dos. El flujo de escombros es extremadamente destructivo. El se forma cuando la tierra está saturada e inestable. **El frente del flujo de escombros forma un lóbulo.** Este lóbulo contiene muchos de los sedimentos más grandes incluyendo adoquines. El flujo de escombros se compone también de un fango que se encuentra en la parte de atrás del lóbulo y que contiene arenas, lógamos, y sedimentos. El flujo de escombros puede cambiarse eventualmente en aguas de inundación fangosas más finas, mientras que depositan sus componentes más pesados. Este fenómeno geológico en general se mueve en pulsos debido a las fricciones así que a las barreras que encuentra el flujo durante su desplazamiento.

Los lahares se forman cuando masas de materiales de origen volcánico no consolidadas, como la ceniza depositada en los flancos de las montañas, los depósitos glaciares, los escombros de flujos piroclásticos y de avalanchas de rocas, se mezclan con el agua y comienzan a moverse.

Los corrimientos de tierra son movimientos de masas compactas o de suelos suaves que deslazan río abajo (Aval). Son los resultados de una ruptura por cortes, puede producirse también sobre un talud o una pendiente moderada o fuerte. En general la presencia del agua tiene una importancia en los corrimientos de tierra por las fuerzas de presiones intersticial que provoca, así que por, las presiones debidas a la aumentación de volumen de los minerales de arcilla.

Los corrimientos de tierra pueden ser clasificados según la distancia de profundidad de la superficie de deslizamiento o según la velocidad media a largo tiempo del movimiento.

El 80% de los volcanes activos están ubicados en la zona límite de las placas, es decir en las zonas de colisión, 15% de estos volcanes se ubican donde las placas se separan, y 5% de ellos se encuentran en los llamados puntos conflictivos “hot spots”.

Las tres partes donde se ubican los volcanes son:

- Las cadenas basaltos medio-oceánica.
- Zonas de subducción.
- Puntos volcánicos de conflictos

Hoy día no es posible de saber cuándo una erupción puede ocurrir, aunque a veces ella es precedida por sacudidas sísmicas y por emisión de fumarolas. La intensidad de la erupción está relacionada con la acidez de las lavas, así que con el contenido de gases.

Las erupciones son debidas al aumento de temperatura en el magma que se encuentra en el interior del manto. Con la presión de los gases se provoca una erupción volcánica en la que se expulsa la lava hacia afuera del manto, esto puede también generar derretimiento de hielos y glaciares, derrumbes, aluviones. Las erupciones también se caracterizan por otros factores tales que la temperatura de la lava, su contenido de gases y el estado del conducto volcánico.

## Capítulo 3

---

*Prevención y gestión de los riesgos geológicos*

## **1- La prevención del riesgo sísmico**

### **1.1- La prevención del riesgo sísmico a nivel urbano:**

#### **1.1.1- Concepción urbanística en las zonas de riesgo sísmico:**

Muchas ciudades en nuestros países no toman en consideración los riesgos geológicos. Se construyen de manera organizada para dar una vida agradable a los ciudadanos, según planos meditados, pero nunca estos planos han sido dibujados para evitar o paliar las catástrofes naturales.

La fuerte densidad urbana es uno de los elementos que encontramos en casi todas nuestras ciudades, este es un punto importante en la amplificación de las catástrofes. Podemos tomar el ejemplo de un terremoto fuerte, los edificios pueden colisionar y provocar un colapso, una explosión de gas puede provocar un incendio, que puede propagarse debido a la densificación del tejido urbano (Kobe-Japón).

Los planos de organización de la ciudad no toman en cuenta el riesgo sísmico, el urbanismo de nuestras ciudades es un urbanismo funcional, un urbanismo que permite a la ciudad dar a los ciudadanos una accesibilidad y medios de comunicación, así que una comodidad en sus vidas cotidianas. Es importante añadir a estos aspectos arquitectónicos y funcionales, el concepto de la reducción de los riesgos sísmicos. La reducción de los riesgos debe ser integrada tanto en los proyectos urbanos como en los proyectos arquitecturales. La intervención puede ser sobre el mobiliario urbano, la talla de las calles, los espacios entre los edificios, los conductos de electricidad, de gas, y otros.

#### **1.1.2- Los Mapas de riesgos:**

Para disminuir el riesgo sísmico en un país, una región, una ciudad o un barrio es necesario desarrollar los mapas de riesgo sísmico, los mapas nos ayudarán a organizar nuestro urbanismo a diferentes escalas, gracias a los datos que nos dan.

Los datos que nos dan permiten la identificación de las zonas de:

- Alto peligro
- Peligro
- Medio peligro
- Bajo peligro
- Peligro nulo

Estos mapas nos ayudarán a determinar cómo construir y aplicar las reglas parasísmicas así como las medidas de prevención a diferentes niveles de riesgo. Los mapas nos ayudarán también a saber dónde urbanizar y cómo distribuir las actividades sobre el tejido urbano.

Riesgo es la potencialidad de pérdidas humanas y daños sobre las propiedades, así como sobre la herencia cultural. Para poder reducir el riesgo en una zona urbana es importante producir un mapa de riesgos, cada riesgo tendrá que tener un mapa específico. Por ejemplo, una ciudad puede tener un mapa de riesgo sísmico, un mapa de inundaciones, un mapa de deslizamientos de tierra y otros riesgos.

Para poder producir el mapa de riesgos hay que superponer otros dos mapas que son el mapa de amenazas y el de vulnerabilidad. El riesgo se calcula gracias a la fórmula siguiente:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad} \times \text{Valor}$$

Una vez los dos mapas de amenaza y de vulnerabilidad están hechos, podemos hacer una estratificación de los dos para producir un único mapa de riesgos. El mapa de riesgos tendrá 5 colores: “blanco, amarillo, azul, naranja, rojo”. Cada color muestra un nivel de riesgo.

- Blanco = Riesgo nulo
- Amarillo = Riesgo bajo
- Azul = Riesgo medio
- Naranja = Riesgo alto
- Rojo = Riesgo muy alto

- Amenaza:

La definición del azar de inundación relaciona las nociones de frecuencia y de la magnitud del fenómeno.

El azar se calcula también gracias a esta fórmula:

$$\text{Azar} = \text{Probabilidad de un evento que ocurre} \times \text{Intensidad del evento}$$

- Vulnerabilidad:

Podemos identificar 3 niveles de vulnerabilidad:

Zona de vulnerabilidad alta:

- Zonas construidas y pobladas.
- Zonas de actividad que comportan viviendas.
- Infraestructuras principales: autopistas nacionales y regionales.
- Equipamientos: líneas eléctricas, transformadores, centrales de telefonía.
- Canalizaciones.

Zona de vulnerabilidad Media:

- Zonas de agricultura con instalaciones.
- Zonas de distracciones sin alojamiento.
- Infraestructuras secundarias: aparcamiento, estación de depuración.
- Zonas de actividades sin viviendas.

Zona de vulnerabilidad Baja:

- Zonas naturales.
- Zonas de agricultura sin instalaciones.

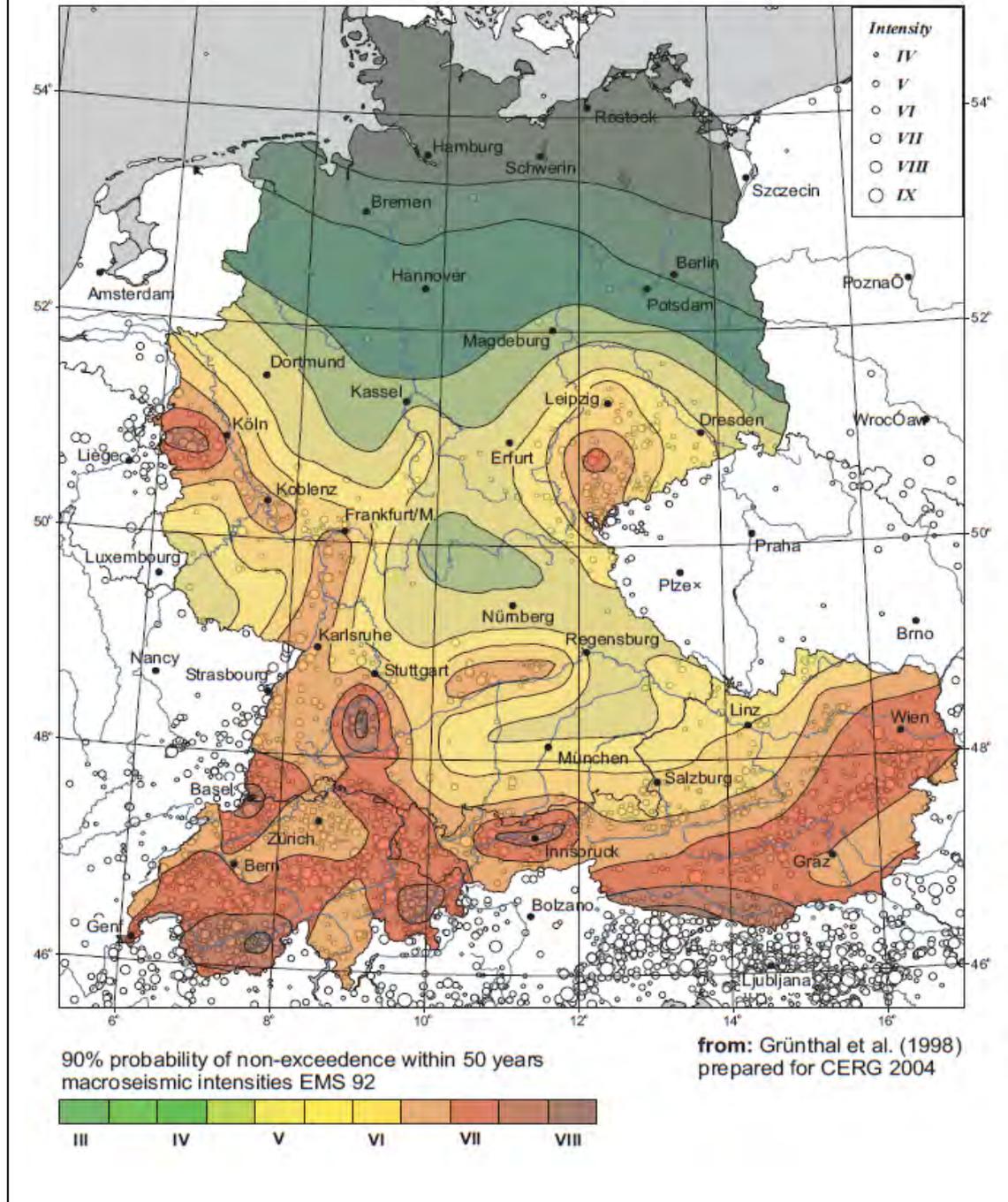
#### 1.1.2.1- El mapa de Amenaza

El mapa de amenaza puede ser producido a través del mapa de intensidad de la zona estudiada, y también desde los datos de probabilidad del evento. La amenaza se calcula gracias a la siguiente ecuación:

$$\text{Amenaza} = \text{Intensidad} \times \text{Probabilidad} \times \text{Frecuencia}$$

Eso quiere decir que la combinación entre el mapa de intensidad del evento, su frecuencia, y la probabilidad de que este mismo ocurra, nos da un mapa que llamamos “Mapa de Amenaza”

## Seismic hazard map for Austria, Germany and Switzerland



Mapa de Amenaza 174

### 1.1.2.2- El mapa de Vulnerabilidad: 174

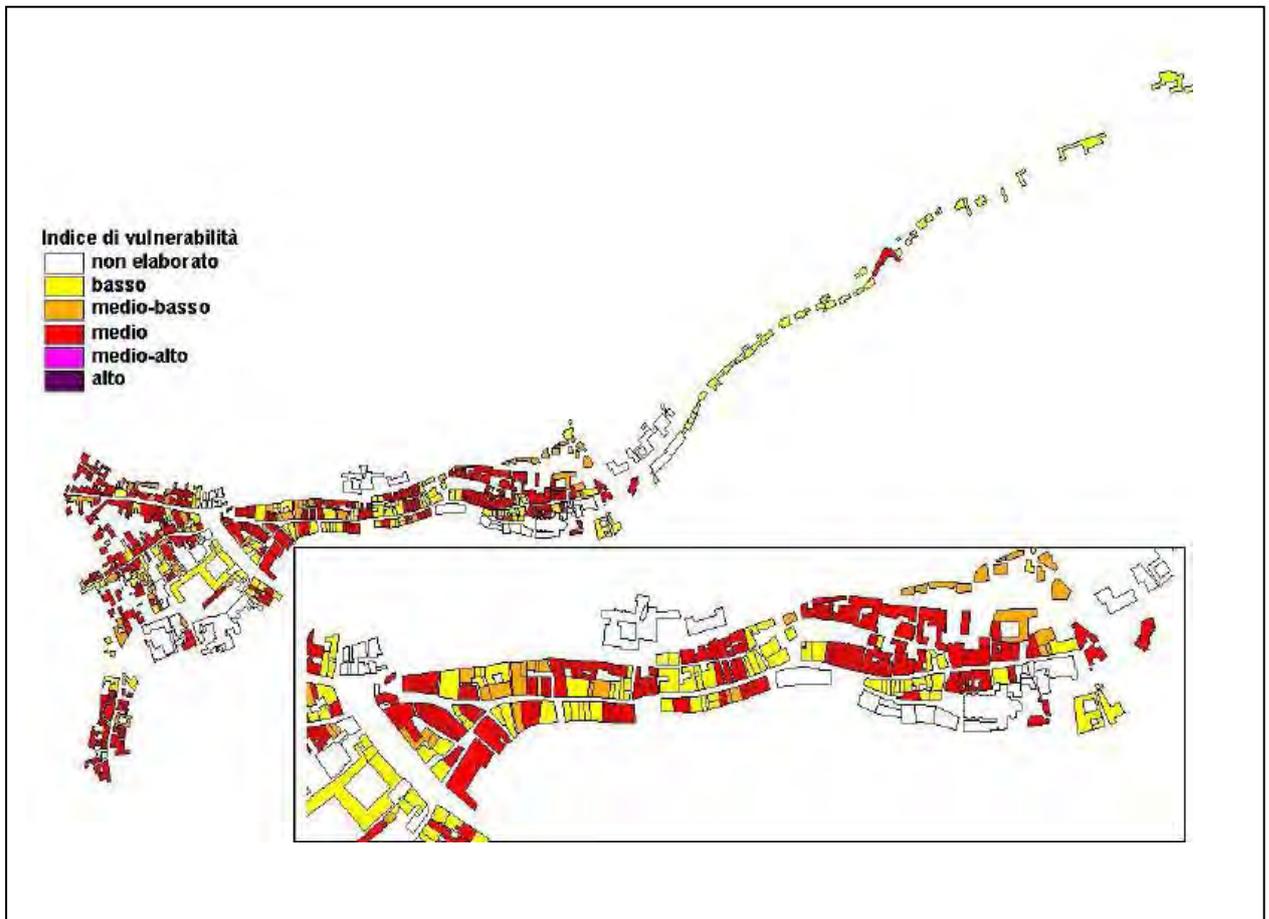
Tenemos varios tipos de vulnerabilidades, podemos clasificarlas por lo siguiente:

- La vulnerabilidad física: esta vulnerabilidad se representa a través de las construcciones y las infraestructuras como las redes de electricidad, de gas y de agua, la red del transporte, y finalmente las telecomunicaciones.



Zona de Boumerdes en Argel antes y después del seísmo de 2003 175

- La vulnerabilidad social: esta vulnerabilidad se divide en dos partes, la vulnerabilidad de grupos como por ejemplo: niños, mayores, minusválidos, mujeres; y en la vulnerabilidad por factores como la pobreza, la densidad de población en una zona.
- La vulnerabilidad económica: se representa en el paro, pérdidas de los servicios vitales, pérdidas en la producción y la industria.
- La vulnerabilidad del medio ambiente: se representa por la polución, cambio climático e impacto ambiental.



Ejemplo de un mapa de vulnerabilidad de los edificios 176

## 1.2- La prevención del riesgo sísmico a nivel del proyecto y la ejecución de la obra:

Las recomendaciones desarrolladas en este Capítulo se han extraído de un compendio realizado por “l’association française du parasismique”, adecuadamente interpretado por el Prof. Milan Zazek, especialista en construcción parasísmica. Estas recomendaciones pretenden simplemente aportar algunas reflexiones e indicaciones que puedan ser de utilidad para los diseñadores de la ciudad y de sus arquitecturas, y pueden ayudarnos a fijar conceptos sobre los elementos y aspectos importantes de la energía sísmica y su influencia sobre la forma y la estructura arquitectónica y urbana

Los edificios construidos en las zonas de riesgo sísmico deben ser construidos bajo normas estrictas para resistir a las fuerzas del terremoto (códigos parasísmicos). Cada país dispone de un código parasísmico, y es deber del estado verificar la aplicación de estas reglas sobre las construcciones nuevas y también las antiguas en caso de rehabilitación.

La rehabilitación del tejido antiguo necesita mucho tiempo y energía así como medios económicos importantes. La rehabilitación pasa por los siguientes pasos: 177

- Identificar los barrios más vulnerables a través del tipo de suelo y de la topografía, así como el estado de las construcciones.
- Elaboración de una estrategia de control de vulnerabilidad de las construcciones al sismo.
- Refuerzo del suelo inestable.
- Análisis de la tipología de las construcciones y su resistencia al sismo.
- Elaboración de una conclusión de los medios y medidas urgentes de refuerzo
- Publicación de un informe sobre la reparación y el refuerzo parasísmico.

### 1.2.1- Concepción y construcción arquitectónica y reducción del riesgo sísmico:

#### 1.2.1.1- Reacción de la construcción al sismo: 178

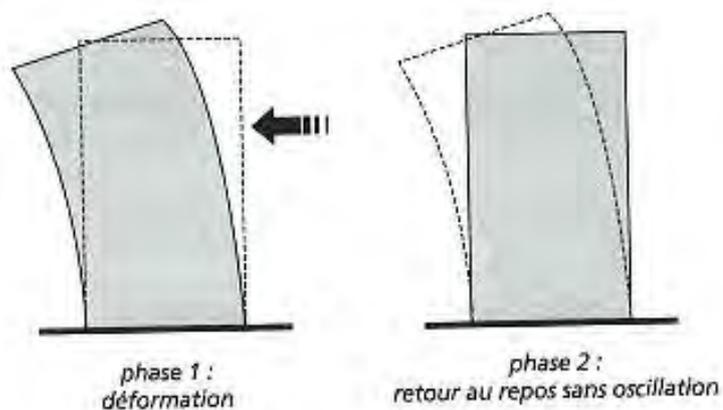
**La respuesta de las construcciones a la excitación sísmica depende mucho de los movimientos del suelo y de sus propias características. Los movimientos de tierra, la velocidad y los desplazamientos de estructura pueden ser determinados por aparatos de medida.**

Los espectros de respuesta son gráficos que nos dan datos sobre los valores de las respuestas verticales y horizontales de la construcción: movimientos de tierra, la velocidad con respecto al suelo, desplazamientos (deformaciones). Los valores dados por el espectro son independientes de la duración de las sacudidas. Estos valores son calculados por osciladores simples, y corresponden a construcciones en planta baja. En caso de un edificio con plantas repetidas regularmente, los valores espectrales son distribuidos sobre la altura del edificio. El caso de una obra compleja, con plantas de diversa distribución y geometría, hay que hacer un análisis de los tipos de oscilación y superponerlos.

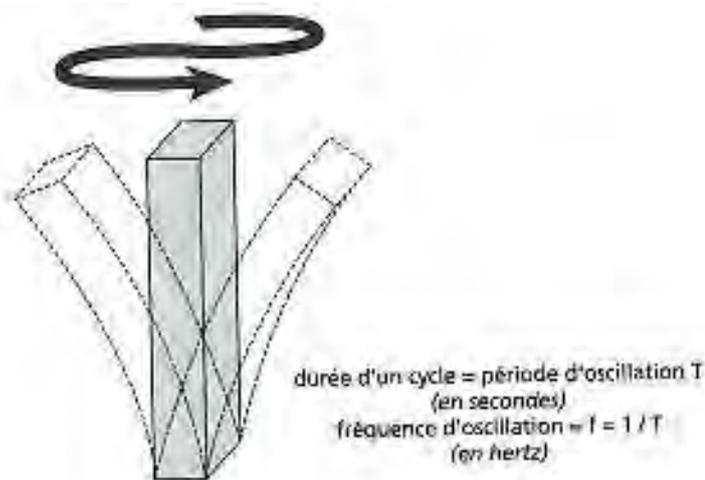
Podemos definir dos tipos de espectros, dependiendo del tipo de respuesta de la construcción que tenemos: en caso de una construcción elástica el espectro se llamará espectro elástico, y en caso de que la construcción por razones económicas en la realización acepte deformaciones irreversibles que afecten a la estructura, en este caso se llamará espectro elastoplástico.

Las construcciones, a efectos sísmicos, están caracterizadas por parámetros: El primero es el periodo de vibración T que muestra la duración en segundos de un ciclo de oscilación libre (después de las oscilaciones durante las sacudidas), y el segundo es la frecuencia de vibración F durante un periodo de oscilación.

$$F = 1/T$$



Amortiguamiento crítico con una primera fase de deformación y una segunda de vuelta a la posición inicial sin oscilaciones 179



Ciclo de oscilaciones 180

**El periodo propio de la construcción depende mucho de la masa de la obra así como de su flexibilidad.** Podemos predimensionar aproximadamente este periodo, para edificios regulares con una rigidez media, tomando 0.1 sg. por planta. Eso quiere decir que un edificio de 9 plantas con una estructura de pórticos de hormigón armado tiene un periodo de 1sg. más o menos. Esta teoría no es válida para construcciones flexibles o muy rígidas. Por ejemplo, para un edificio hecho con paneles de hormigón armado con el sistema prefabricado sobre un suelo firme, hay que dividir el número de plantas por 30 (edificio de 10 plantas, el periodo es de 0.3S).

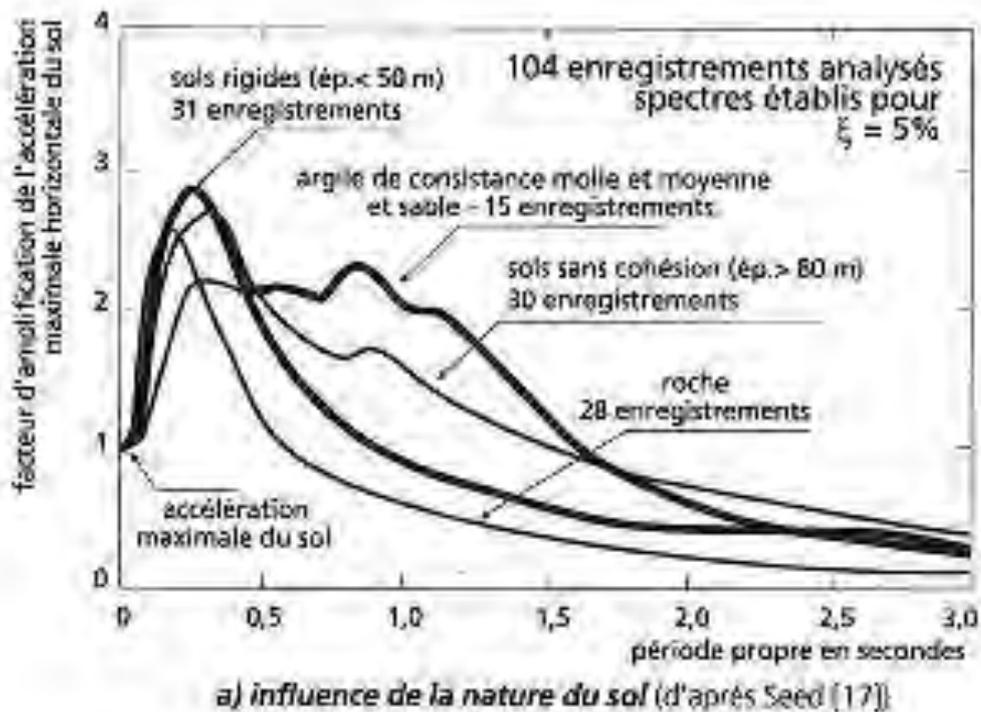


Gráfico que muestra la influencia del tipo de suelo en comparación con el factor de amplificación de los movimientos de tierra horizontales. 181

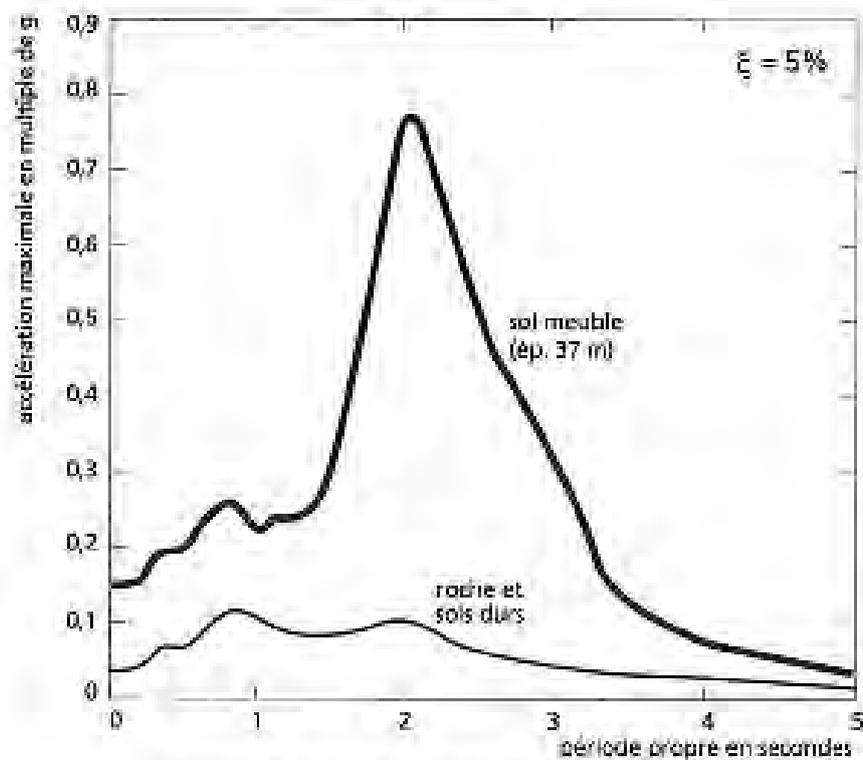


Gráfico que muestra la amplificación de los movimientos de tierra en los suelos deformables. Terremoto de México 1985 182

Durante las oscilaciones las construcciones desarrollan una fuerza de inercia que tiene una dirección contraria al movimiento de la base del edificio. Hay que saber que **cuanto más masiva y pesada es la construcción, las fuerzas de inercia serán más grandes y pondrían la estructura en una situación de deformación importante**. Para que la estructura no se rompa, la resistencia debe ser suficiente para reequilibrar las fuerzas. 183

$$Fr = Fi - Fd \quad \leftrightarrow \quad Fi = Fr + Fd$$

Fi: Fuerza de inercia

Fd: Fuerza disipada

Fr: Fuerza de retorno (fuerzas que hacen volver el edificio a su posición inicial)

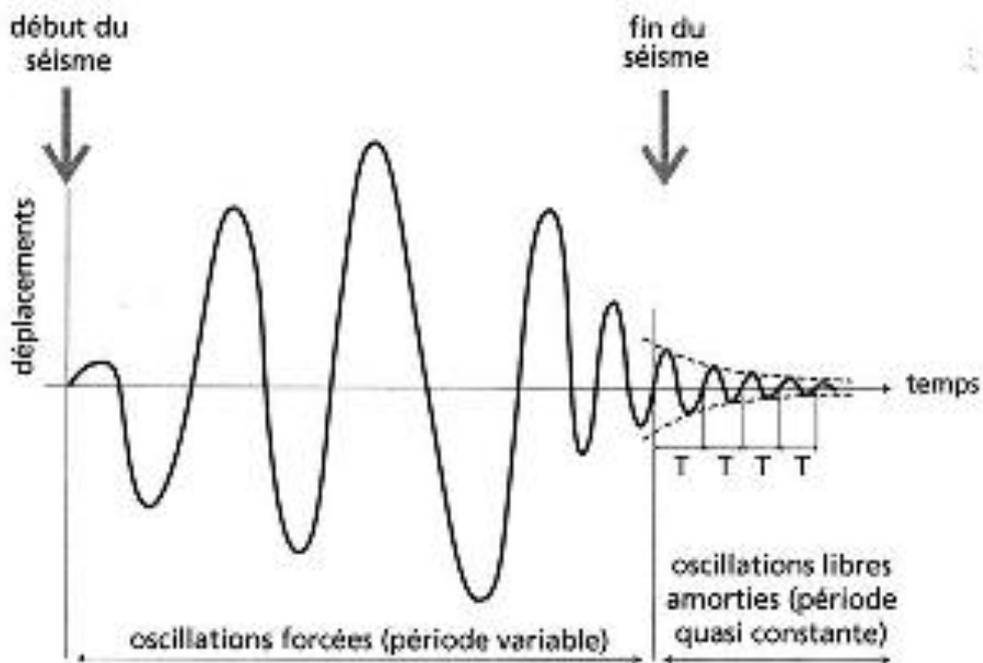
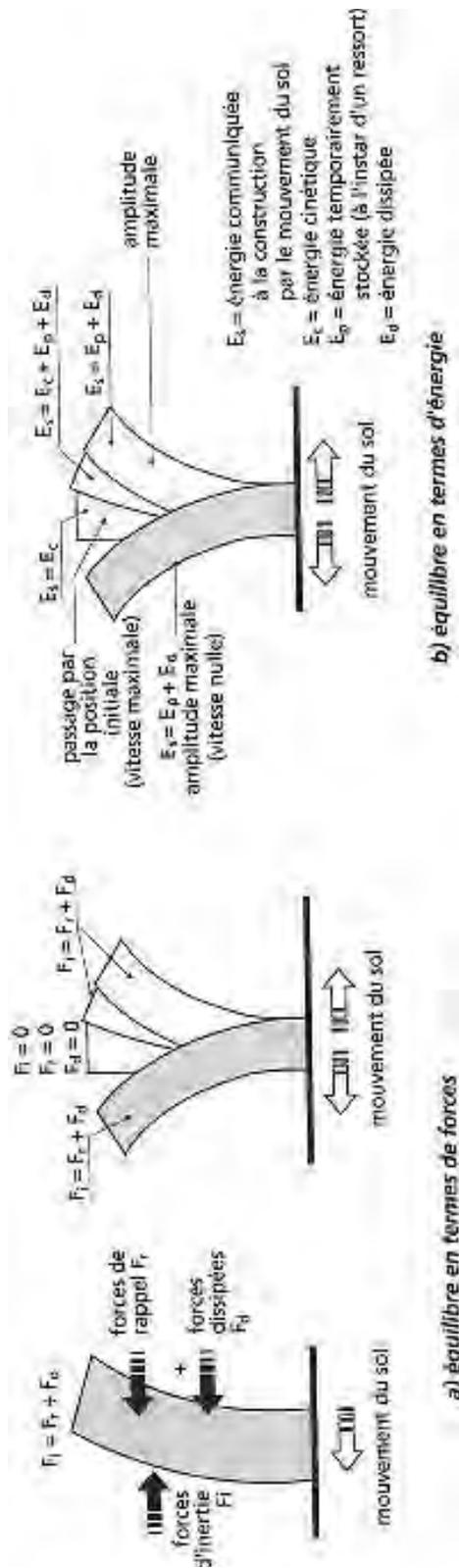


Gráfico que muestra las oscilaciones forzadas que son variables durante el sismo y las oscilaciones libres que son constantes después del sismo. 184



Esquemas que muestran el equilibrio dinámico de un edificio en oscilación horizontal 185

Este equilibrio dinámico puede ser definido por el factor de energía. El sismo transmite una energía  $E_s$  (Energía del suelo) hacia la estructura, que se descompone en una parte disipada por amortiguamiento (energía disipada  $E_d$ ) y una parte de energía no disipada, que produce movimiento de deformación en la estructura: Es la suma de la energía cinética  $E_c$  y la energía de deformación elástica  $E_p$ .<sup>186</sup>

$$E_s = E_d + E_p + E_c$$

Cuando la deformación es extrema y que la velocidad de oscilación es nula. La energía cinética se transforma en una energía potencial almacenada  $E_P$ . ( $E_c = 0$ )

$$E_s = E_d + E_P$$

$$E_P = E_p + E_c$$

En caso de que la energía transmitida del suelo hacia la estructura sea muy importante y que la estructura no tenga la capacidad de almacenarla a través las deformaciones, se provocarán daños irremediables en la construcción, que pueden llevarla hasta un colapso.

#### 1.2.1.2- Minimización de los esfuerzos sísmicos: <sup>187</sup>

**Para poder reducir las fuerzas de inercia de una construcción hay que disminuir uno de los dos elementos siguientes, la masa del edificio o los movimientos de la tierra (aceleración).**

$$F_i = M A$$

Desde ese prisma podemos decir que para **disminuir las fuerzas sísmicas es mejor construir obras ligeras** y evitar las construcciones pesadas, para lo cual usaremos materiales resistentes y con una masa baja. Eso funciona también para los elementos no estructurales.

La segunda opción es disminuir los movimientos de tierra (aceleraciones). Se puede proceder de dos maneras. La primera es **elegir un suelo que no amplifica los movimientos de tierra, y un tipo de estructura que no tiene el mismo periodo de oscilación que el del suelo**. Los edificios rígidos construidos en muros de hormigón armado tienen un periodo de oscilación corto y les conviene un suelo deformable. Para las estructuras flexibles (pórtico de acero o madera) conviene más un suelo rígido. En este último caso, los elementos no estructurales deberán ser capaces de absorber los movimientos de la estructura flexible.

Se pueden disminuir estos movimientos eligiendo la opción de construcciones de baja altura o que estén enterradas.

Otros medios que nos ayudan a disminuir los movimientos de tierra pueden ser: 188

- **repartir la masa de manera simétrica** a nivel de cada planta, y poner la masa importante en las plantas bajas.
- Construir **estructuras capaces de absorber energías** importantes.
- La concepción de **edificios de formas simples y regulares**, con un sistema estructural regular y reforzado correctamente.
- **Usar apoyos parasísmicos**, sobre todo las construcciones bajas y rígidas (para aumentar su periodo de oscilación).

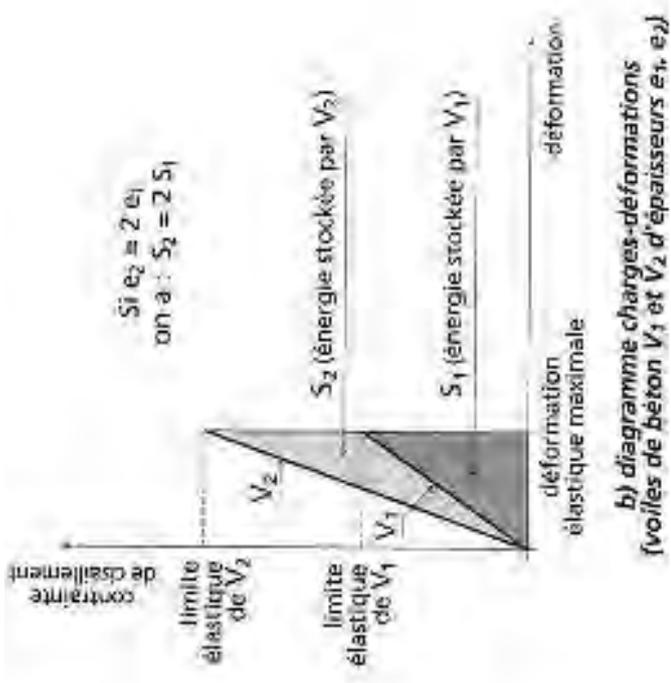
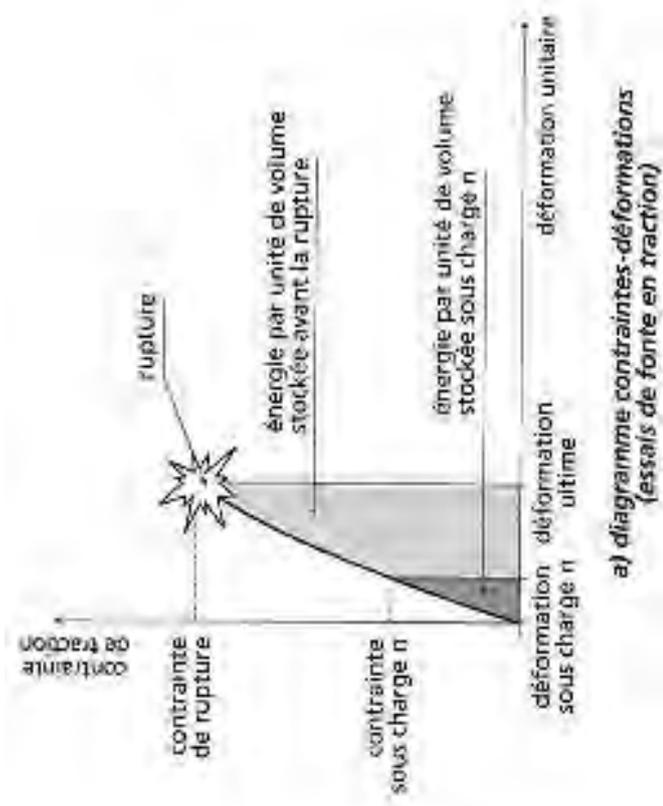
1.2.1.3- La capacidad de una construcción para almacenar y disipar la energía sísmica.

Las construcciones almacenan la energía a través de las deformaciones elásticas de la misma manera que un resorte. Las deformaciones elásticas devuelven sus energías cuando la construcción trata de volver a su estado inicial. En las deformaciones moderadas, los materiales se deforman de una manera elástica. Por lo que concierne los materiales dúctiles en caso de una energía elevada, el material se deforma pero no vuelve a su estado inicial. En caso de un material frágil cuando hay una energía importante, el material se deforma y se rompe.

Algunos materiales dúctiles en ambientes de clima extremadamente diferentes pueden volverse frágiles, por ejemplo el acero, en un ambiente habitual es dúctil pero en un ambiente de  $-30^{\circ}$  se vuelve frágil. Los materiales y elementos flexibles y deformables tienen una capacidad de acumular y disipar más energía que los materiales rígidos.

Es también posible usar estructuras flexibles evitando usar: 189

- Vigas sobrealzadas, viga-tabique, vigas sobredimensionadas o sobrearmadas, vigas Vierendeel.
- Vigas cortas de menos de 4m.
- Vigas de más de 12m no son recomendadas porque puedan desarrollar una oscilación vertical importante.
- Los pilares principales de altura baja en comparación con los otros pilares. Son en general los pilares que soportan las escaleras, los forjados en caso de cambio de altura, forjado de vacío sanitario. Todos estos elementos deban ser soportados por muros estructurales o estructuras independientes en lugar de pilares cortos.
- Alféizar o los muros rígidos que no toman toda la altura.
- En caso de estructuras rígidas aumentar la sección de los elementos portantes.
- Hay que dar a la estructura una ductilidad importante, y elegir un sistema estructural con mucha capacidad hiperestática.
- Asegurar una buena transmisión de la carga en la estructura : 190
  - Dar al forjado un rigidez horizontal importante
  - Pensar sistemas portantes donde las masas, la resistencia y la rigidez son uniformemente repartidos en plan y en elevación.
  - Asegurar una buena transmisión de carga en las zonas del edificio donde se cambia la dirección
  - Evitar la concentración de los esfuerzos en el edificio.
  - Dar una dimensión suficiente para los elementos delgados.



El diagrama de la izquierda muestra la relación entre las tensiones y las deformaciones, este diagrama muestra que cuando las tensiones aumentan las deformaciones aumentan también hasta un límite de rompimiento. 191

El segundo diagrama muestra la relación entre el espesor de los muros de hormigón y su capacidad de almacenar la energía sísmica.

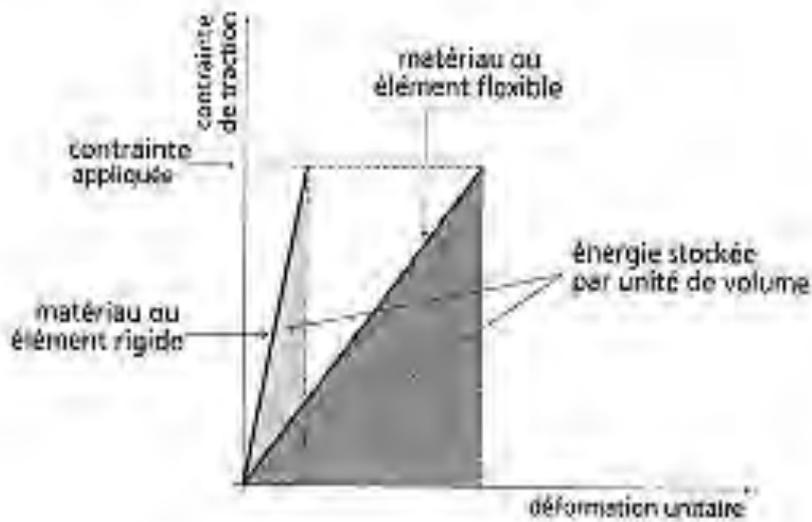


Diagrama que muestra la relación entre la flexibilidad y la capacidad de almacenar la energía sísmica 191

**Cuando una construcción almacena la energía recibida por el sismo, debe disiparla durante su oscilación.** Las maneras de disipar esta energía son varias, pero podemos clasificarlas en diferentes categorías: 192

- Reflexión de la energía hacia los medios cercanos:

La energía disipada en la atmósfera es muy baja, pero la que está disipada en el suelo puede ser importante, y esta **energía disipada puede crecer cuando las fundaciones son más profundas**, con la capacidad del suelo a deformarse, y la masa de la construcción.

- Fricción en las juntas

Las fricciones en las juntas entre diferentes tipos de materiales y las fisuras disipan una cantidad de energía más o menos importante en caso de algunos tipos de construcciones como casas de madera, construcción en albañilería tradicional. Hay que saber que cuanto más aumentan las oscilaciones, lo que quiere decir que **las deformaciones de la estructura aumentan, más aumenta la energía disipada.**

➤ Amortiguación interna de los materiales

La amortiguación interna es una de las causas que más disipa la energía. De una parte hay lo que se llama la amortiguación viscosa gracias a materiales viscosos donde el contacto entre ellos permite de disipar una cantidad importante de energía, y que esta última aumente con el incremento de la velocidad de las oscilaciones.

A la escala de la estructura podemos aumentar esta disipación gracias a la instalación de hojas visco elásticas en los ensamblajes o con los amortiguadores viscosos.

**Una estructura compuesta de materiales dúctiles presenta una importante capacidad de deformación, que le permite absorber y disipar eficazmente la energía sísmica.**

La ductilidad se calcula gracias esta función:

$$\mu = D_u / D_e$$

$D_u$  es : La deformación última alcanzada al momento de la rotura.

$D_e$  es : La deformación elástica máxima

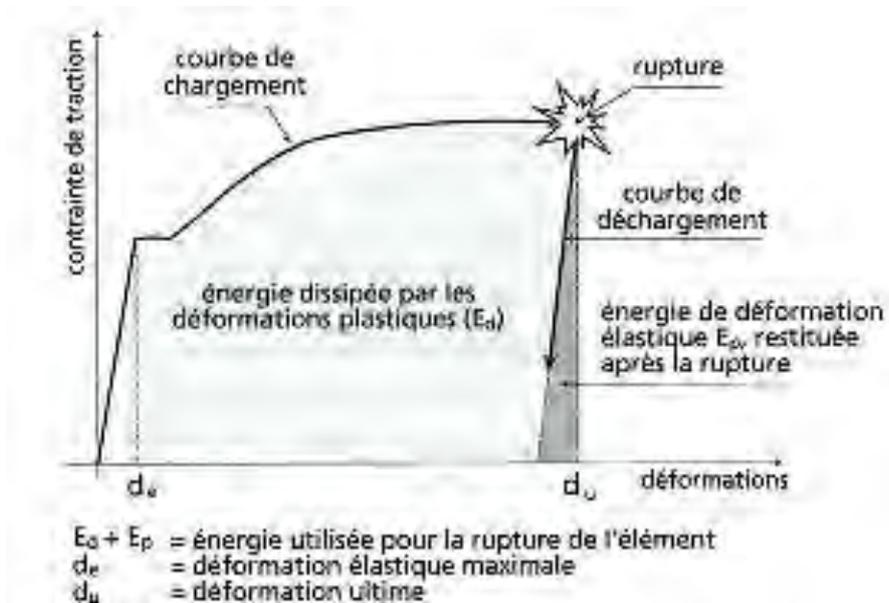


Gráfico que muestra la energía disipada por la rotura de un elemento en acero 193

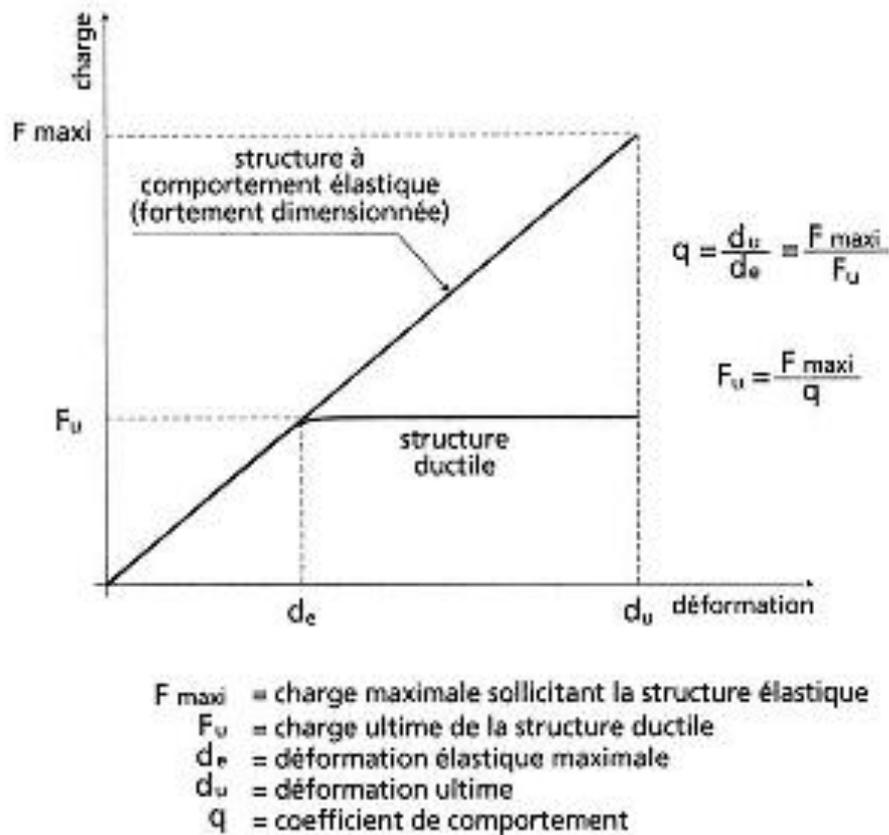


Gráfico que muestra la importancia de la ductilidad de una estructura para reducir las cargas sísmicas. 194

➤ Fisura y rotura de los elementos constructivos.

Cuando los movimientos de tierra son muy importantes y la energía aumenta de manera importante, se provoca a veces la rotura de elementos constructivos. Esta rotura provoca una liberación importante de la energía almacenada que no se ha podido transformar en energía cinética. La rotura de elementos constructivos puede provocar el colapso del edificio y poner en peligro la vida de los habitantes. Por este motivo es **recomendable pensar en algunos elementos constructivos hechos para ser destruidos durante el seísmo para disipar la energía, o hacer que los elementos constructivos se destrocen de manera progresiva.**

Para poder aumentar la capacidad de una construcción de disipar la energía hay que: 195

- Seguir los pasos que permitan a una construcción de **almacenar la energía y de tener una ductilidad alta.**
- Respetar el principio de “vigas débiles / pilares fuertes”
- Dar la capacidad a una estructura de trabajar más en flexión que en torsión

- Pensar **elementos constructivos hechos para romperse cuando los movimientos de tierra son altos para disipar el máximo de energía.**
- Usar **amortiguadores parasísmicos**
- **En los suelos deformables, optar por construcciones enterradas** que forman un cajón rígido para mejorar la disipación de la energía gracias a la interacción entre el suelo y la estructura.

#### 1.2.1.4- Definición y principios de la arquitectura antisísmica:

Construir parasísmico no quiere decir que haya que realizar edificios masivos sin originalidad arquitectónica. Tenemos muchos ejemplos de obras y estructuras en las ciudades como Los Ángeles o San Francisco que no han sido afectadas por los seísmos de 1989 y 1994. Los arquitectos pueden seguir dibujando y construyendo edificios con mucha originalidad y diseño pero deben al mismo tiempo respetar los principios y reglas de la arquitectura parasísmica.

Los criterios de la construcción antisísmica intervienen a diferentes niveles del proyecto, y también después su finalización:

- Elección del sitio de implantación
- La parte arquitectural del proyecto
- Elección del sistema estructural
- Elección de los materiales
- Concepción de los ensamblajes
- Concepción de los elementos no estructurales
- Protección contra el fuego
- Calculo de estructura
- Fase de ejecución de la obra
- Mantenimiento
- Modificaciones futuras
- Instalaciones

#### 1.2.1.5- La elección del solar y su influencia:

Una investigación sobre el sitio de implantación puede darnos una idea más clara de la reacción de este último en caso de un seísmo y su influencia sobre las obras y el urbanismo de la región. Por ejemplo, en caso de la construcción de una central nuclear, se toma en cuenta dos veces los valores de reacción del sitio en caso del seísmo más importante que puede surgir en la zona.

En general, la importancia que nosotros damos a la fase de investigación sobre el sitio es proporcional a la importancia del proyecto, en caso de proyectos con riesgo especial podemos tener las siguientes investigaciones: 196

- Estudios topográficos desde mapas, fotos aéreas, para poder reconocer las zonas inestables.
- Estudios geológicos y geomorfológicos del sitio para conocer su susceptibilidad a los corrimientos de tierra.
- Estudios hidrológicos e hidrogeológicos. Estos estudios son debidos a que el agua tiene una importancia en la estabilidad de las pendientes, de las cavidades subterráneas, de de los suelos capaz de licuefacción. Por este motivo es importante estudiar las circulaciones superficial y subterránea del agua, así como las capa.
- Estudios geofísicos que nos permitan conocer la estratificación geológica del sitio, y la composición de sus capas geológicas (espesor, anomalías...)
- Estudios de los archivos para conocer y ubicar las galerías subterráneas en caso de minas antiguas.
- Localización de las fuentes de vibraciones diversas y la evaluación de sus zonas de influencia.

**Los suelos ideales para construir son los que son homogéneos, horizontales, sanos, secos, firmes sobre un espesor importante.** Este suelo debe quedar estable bajo la acción del agua o de las vibraciones. Estos tipos de suelos son escasos, por ello es recomendable construir también sobre suelos de roca en lugar de construir sobre suelos deformables aunque los primeros transmitan las vibraciones fácilmente gracias a su rigidez. **Los suelos deformables tienen una tendencia a amplificar los efectos del seísmo.** En la misma ciudad con el mismo seísmo, las construcciones hechas de la misma manera no reaccionan igual, y eso depende de si es un suelo rígido o un suelo deformable, uno puede resistir y el otro puede colapsar.

Podemos prever, desde que obtenemos los estudios del suelo si el edificio puede entrar en resonancia con el suelo en caso de un seísmo, lo que va a ser la razón de su colapso. Podemos calcular el periodo propio de los suelos fácilmente: 197

$$T = 4 \times H / V_s$$

H : la altura del suelo en metros (m)

Vs: La velocidad de las ondas cortas (m/s)

#### 1.2.1.6- La interacción entre los suelos y la estructura: 198

Los científicos han observado con la experiencia que las estructuras construidas sobre un suelo de roca resisten en general más que las que están construidas sobre los suelos deformables, aunque la disipación de la energía por interacción entre estructura y suelo sea más importante en el segundo caso.

Durante la interacción entre el suelo y la estructura, una parte de la energía transmitida a la construcción se vuelve al suelo, y se disipa por dos mecanismos:

- Atenuación por radiación, llamada también amortiguamiento geométrico. Este amortiguamiento aumenta con la frecuencia de oscilación.
- Amortiguamiento interno del suelo

Este medio de amortiguamiento pide medios importantes de cálculo así que complejos, por este motivo en general no se toma en cuenta en la construcción de una obra, aparte de los proyectos a riesgo especial.

**La interacción entre suelo y estructura en general atenúa la respuesta de las construcciones al seísmo.**

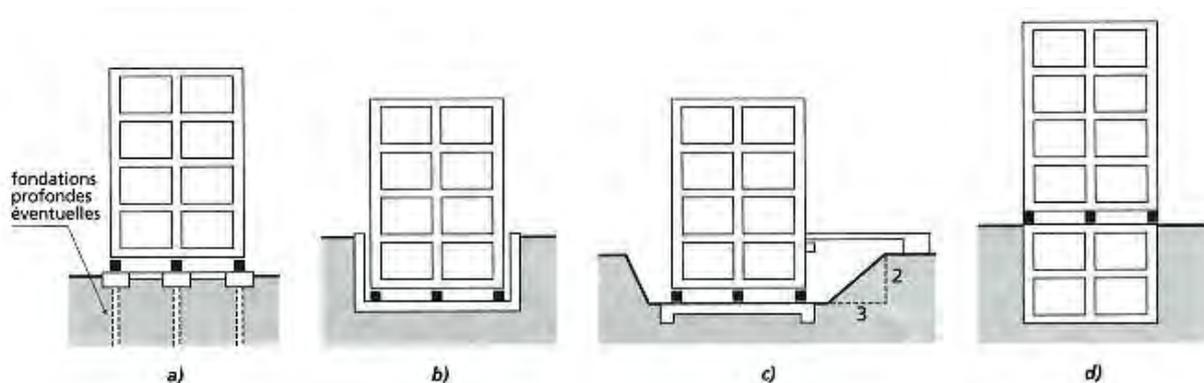
## 1.2.2- Nuevas tecnologías en la construcción antisísmica:

### 1.2.2.1- Los aisladores: 271

El aislamiento de los edificios se hace gracias a aparatos de apoyo cuya rigidez horizontal es más débil que la de la estructura. Este aparato se llama Apoyos parasísmicos. Estos últimos están ubicados entre las cimentaciones y la superestructura, o entre el sótano y la planta baja. Para el mantenimiento de estos aparatos hay que dejar un espacio de accesibilidad.

Gracias a la baja rigidez de los apoyos parasísmicos, **el periodo propio de la estructura se alarga y la velocidad de oscilación disminuye**, así como los movimientos de tierra transmitidas a la superestructura. Entonces, **estos apoyos trabajan como filtros que no deja pasar solamente las vibraciones de periodo largo.**

Los apoyos parasísmicos **generan desplazamientos importantes de casi 15cm**, y se caracterizan por una rigidez vertical importante, lo que deja pasar los movimientos de tierra verticales, que son casi igual que los de la tierra. Para poder atenuar los desplazamientos importantes es recomendable de combinar estos apoyos parasísmicos con otros aparatos que se llaman amortiguadores parasísmicos.



Diferentes ubicaciones de los apoyos parasísmicos en un edificio 272

Los apoyos parasísmicos tienen ventajas e inconvenientes, podemos enumerar los siguientes: 273

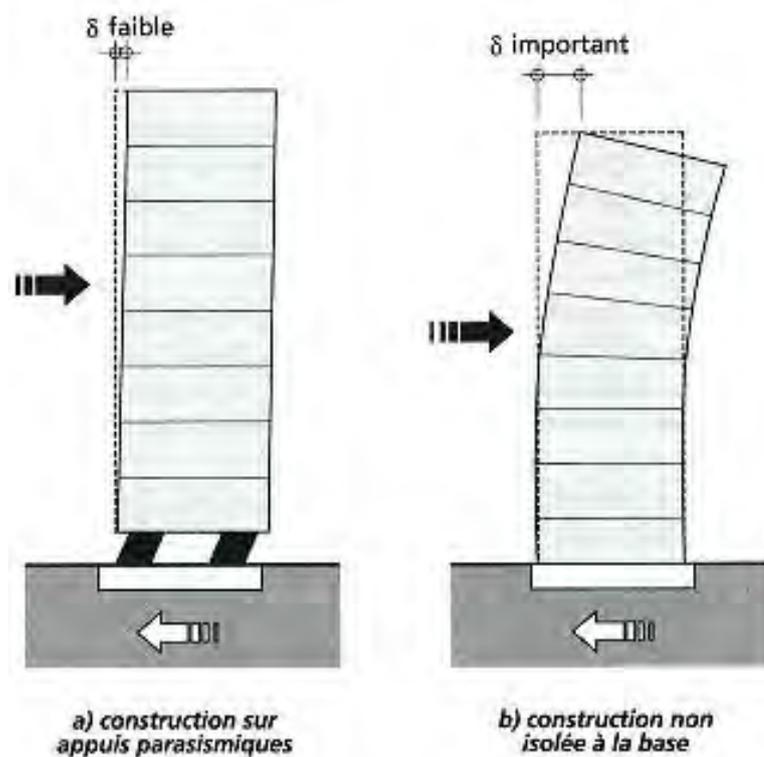
Las ventajas de los apoyos parasísmicos,

- El nivel de protección contra los efectos sísmicos es muy alto comparativamente a la requerida en las reglas antisísmicas. Resulta que los edificios después los terremotos quedan muy estables y casi sin daños.
- La estructura puede ser construida de manera a ser elástica, sin recibir deformaciones permanentes.

- Los apoyos parasísmicos quedan en un buen estado después un seísmo.
- El cálculo de la estructura es más fiable.

Estas ventajas están debidas a las razones siguientes:

- La **disminución importante de la velocidad de oscilación** de la construcción.
- El **periodo propio de oscilación puede ser alargado** para evitar el efecto de resonancia con el suelo que puede generar un colapso de la estructura. Un periodo propio de 2s es casi siempre el más apropiado.
- **Los esfuerzos de torsiones** debidos a la asimétrica de los elementos rigidez de la superestructura **se reducen**.
- **El desacoplo del suelo disminuye el momento de inversión**, lo que reduce las cargas sobre los elementos verticales, así como los asentamientos diferenciales.
- El desplazamiento diferencial de los pisos es muy bajo.



Esquema que nos muestra la diferencia que hay entre un edificio aislado y otro no aislado 274

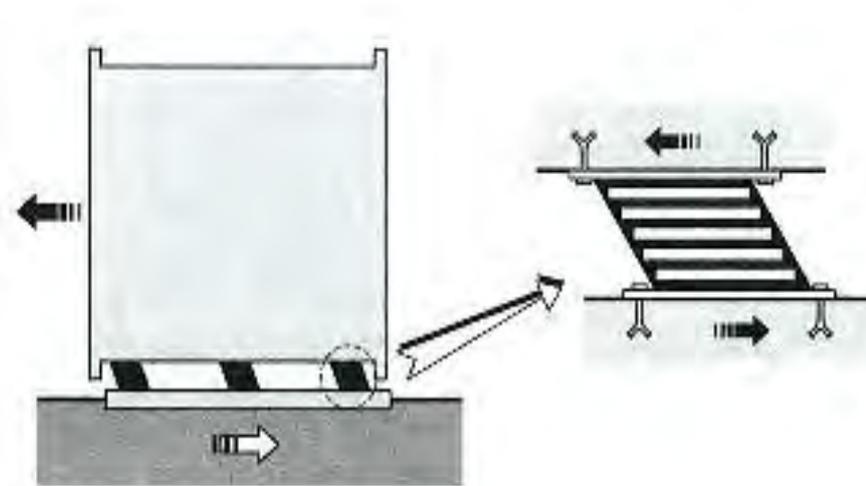
Los inconvenientes de los apoyos parasísmicos:

- todos los elementos que están al mismo nivel de los apoyos y las redes también, deban resistir a los desplazamientos.
- En caso de que las juntas existan entre dos bloques de un edificio, estas últimas deben tener un ancho importante.
- No se pueden hacer modificaciones futuras que puedan afectar la rigidez o la masa del edificio, sin volver a hacer cálculos específicos del sistema estructural.

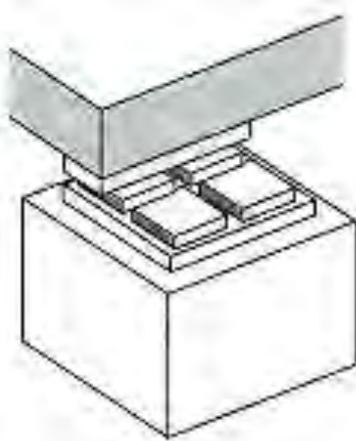
#### A- Apoyos a deformaciones: 275

Son en general realizados en elastómero abrazadera compuesta de una alteración entre capas de elastómero natural y sintético así que placas de yeso. La característica suave de los elastómeros genera desplazamientos considerables de la superestructura en comparación a las cimentaciones. Para este tipo de apoyos podemos permitir una deformación hasta  $45^\circ$ , hay que saber también que la rigidez vertical está asegurada gracias a abrazaderas. Se puede aumentar la rigidez disminuyendo el espesor de los elastómeros, y para no perder la flexibilidad hay que aumentar el número de las capas delgadas de esos elastómeros.

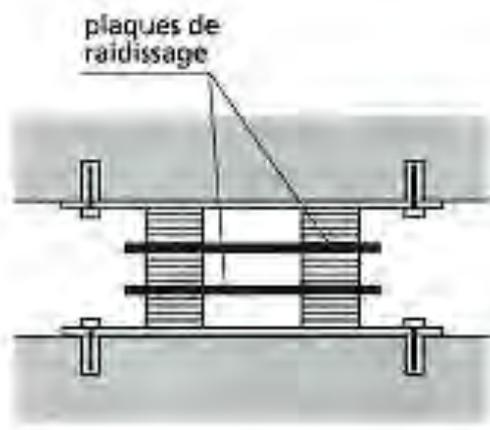
Para la seguridad del edificio, en caso que los apoyos se rompan, hay que poner plataformas en hormigón de seguridad en paralelo a los apoyos, así cuando los apoyos se rompan el edificio puede quedarse sobre estas plataformas.



Apoyo a deformaciones 276

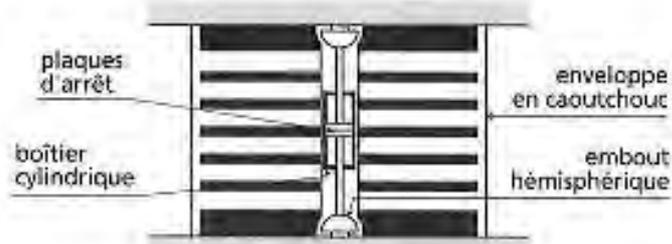


**a) groupe de 4 isolateurs  
(centrale nucléaire  
de Cruas-Meyssse)**

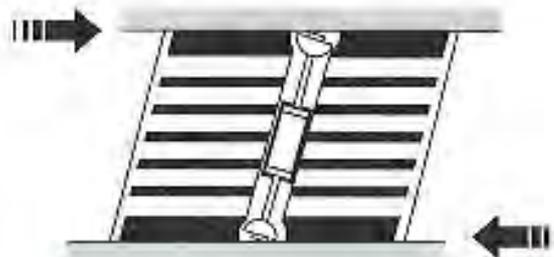


**b) raidissage par plaques  
intermédiaires  
(système GAPEC)**

Apoyos unidos (derecha) 276

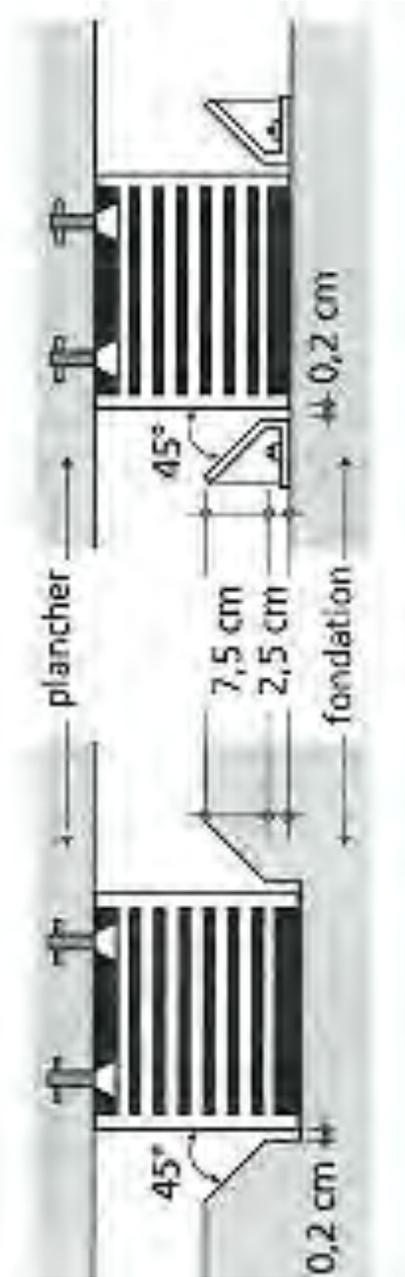


**a) non déformé**



**b) déformé**

Apoyos a tope 277



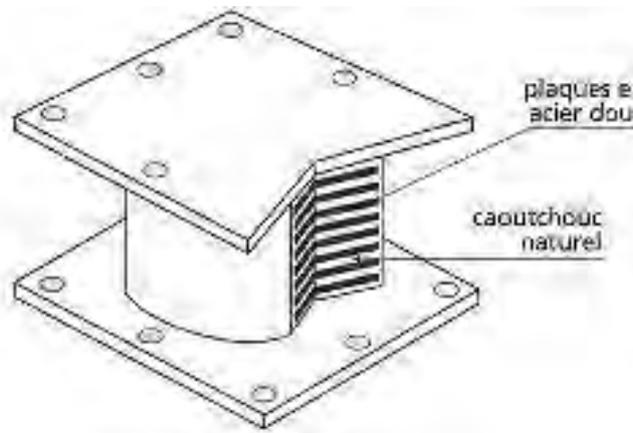
Algunos científicos recomiendan no fijar los apoyos a las cimentaciones para permitir su levantamiento. En este caso usamos el sistema antimarcha. (antichèvement)

Apoyos a tope 277

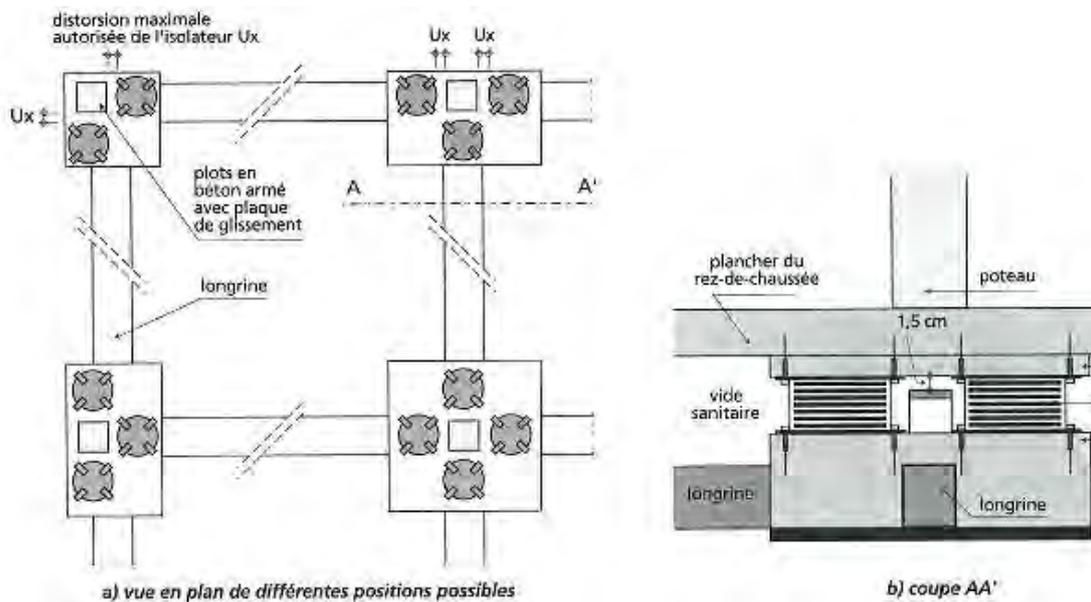
Apoyos en caucho abrazadera: 278

Son apoyos cilíndricos que se componen de hojas de caucho natural que están en sándwich entre dos abrazaderas en acero suave. El espesor de las capas de caucho son entre 5 mm hasta 22 mm, y las placas de acero suave son de 2,5mm hasta 12mm. El diámetro de estos apoyos depende de la carga que debe soportar, que son de 20cm hasta 90cm.

Los aislamientos se ubican entre la cimentación y el capitel en hormigón armado, están fijados gracias a anclajes con varillas en acero.

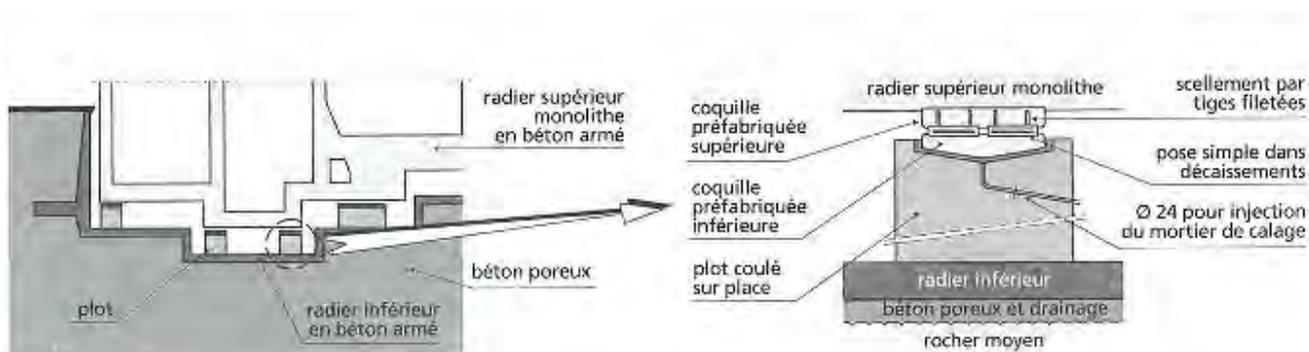


Apoyos en caucho abrazadera 279



Apoyos en neopreno abrazadera: 281

Son apoyos usados para las centrales nucleares que se ubican en las zonas sísmicas. El elastómero usado es sintético, una mezcla de neopreno y de negro de carbón. Las abrazaderas son en acero suave. En la realización de la central nuclear de Cruas-Meysse, los apoyos son en forma cuadrada de 50cm × 50 cm. Están constituidos de dos abrazaderas internas y dos externas, así que tres hojas de neopreno. Estos apoyos están estabilizados dentro de coquillas en hormigón armado, construida sobre un Radier exterior de 1 m de espesor, y reforzado gracias a un muro de contención periférico.

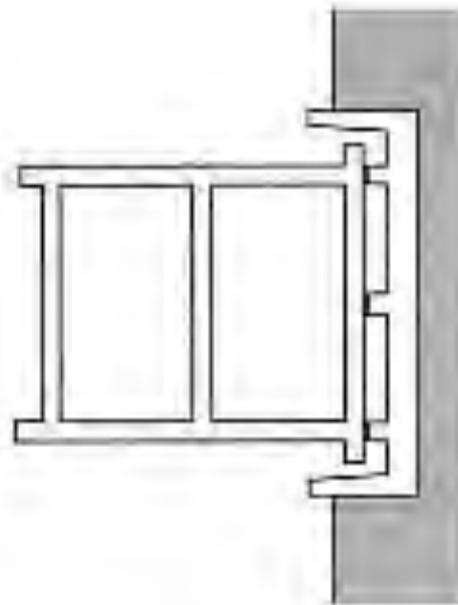


Apoyos parasísmicos de la central atómica de Cruas-Meysse en Francia 282

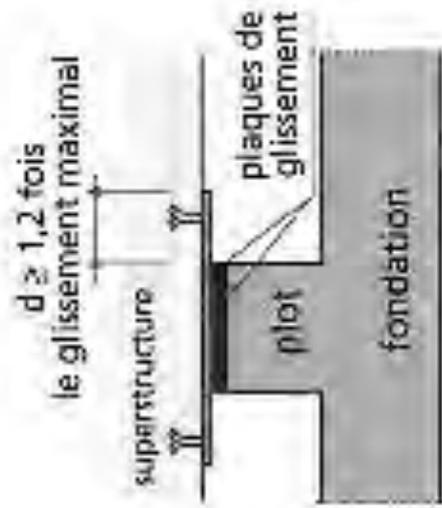
B- Apoyos en deslizamiento: 283

Este sistema está compuesto de dos placas, una fijada a la superestructura y la otra fijada a la cimentación sus interfaz representa el plano de deslizamiento. La placa que está fijada a la superestructura debe ser de una dimensión más grande que la segunda placa. Esta placa debe ser 1.2 veces más grande que el desplazamiento calculado en todas las direcciones. La placa pequeña no debe ser más dura que la placa grande, y eso para evitar las deformaciones. Es necesario también que las placas sean muy planas con una ausencia de corrosión y de polvo, así que la imposibilidad de adherencia con el tiempo de una placa a otra.

Este tipo de apoyo conviene para las construcciones sobre suelos duros, y las construcciones sobre suelos deformables.

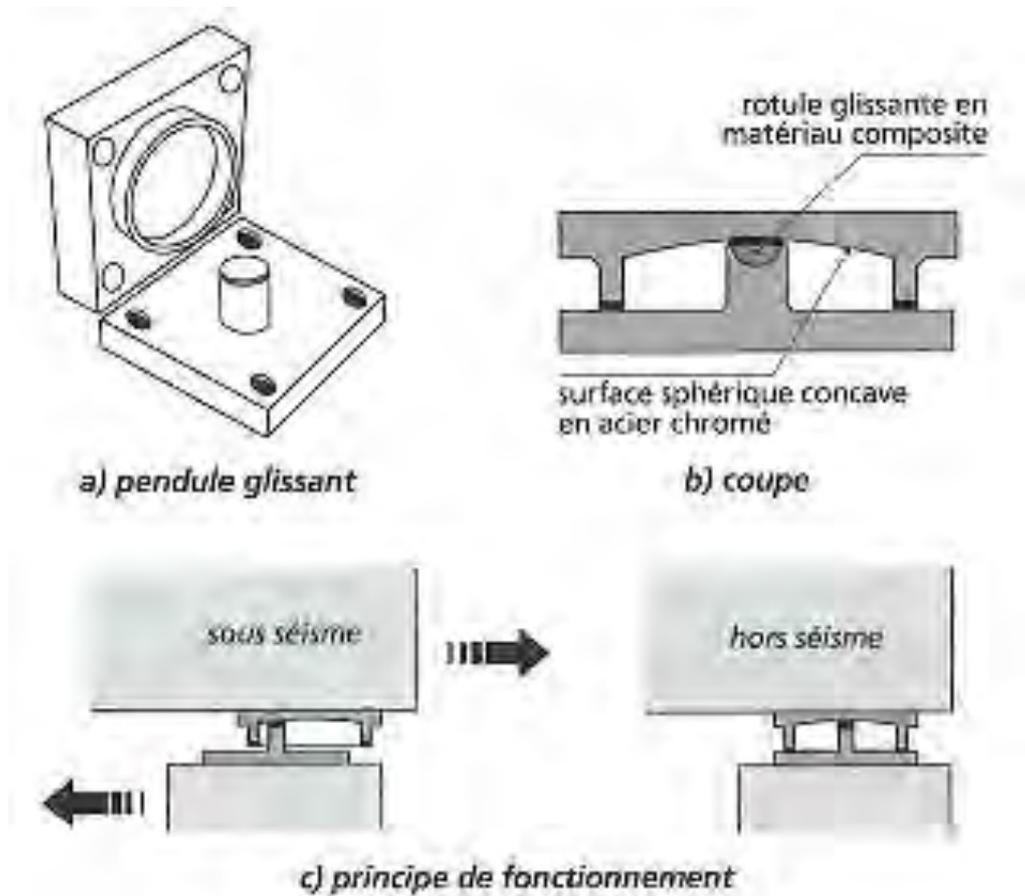


a) principe



b) détail d'un plot

Apoyos en deslizamiento 284



Esquema que muestra el principio del funcionamiento de los apoyos de deslizamiento 285

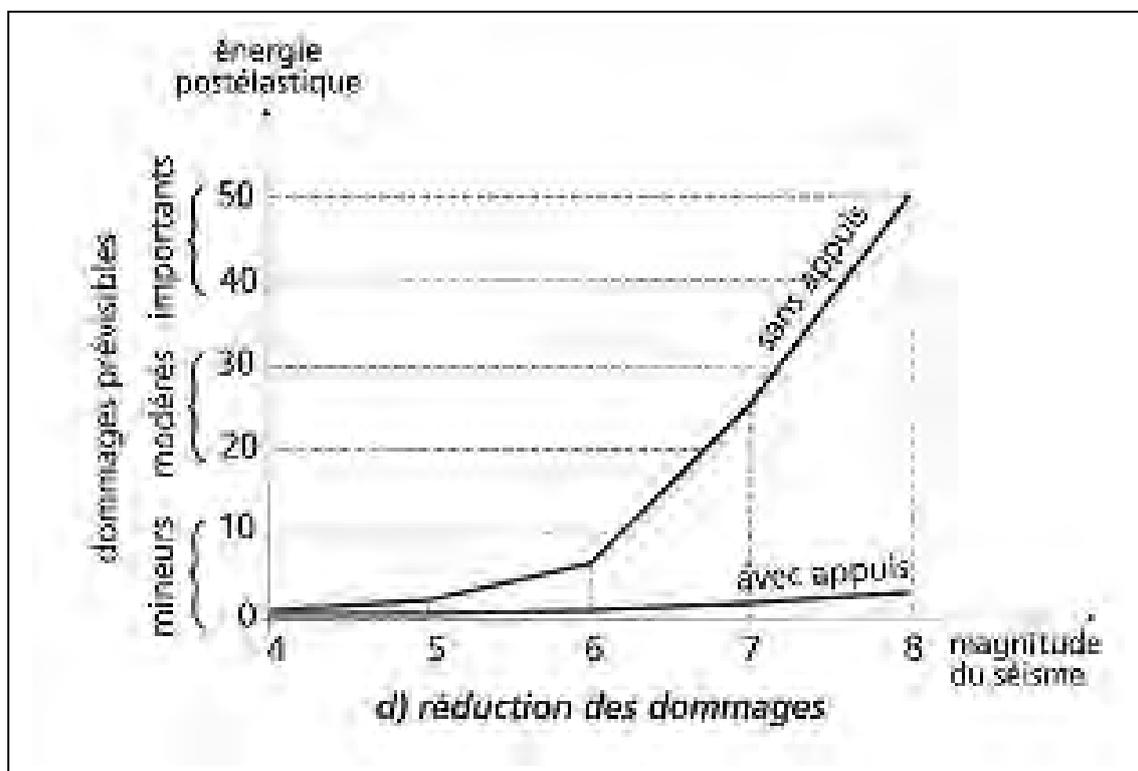
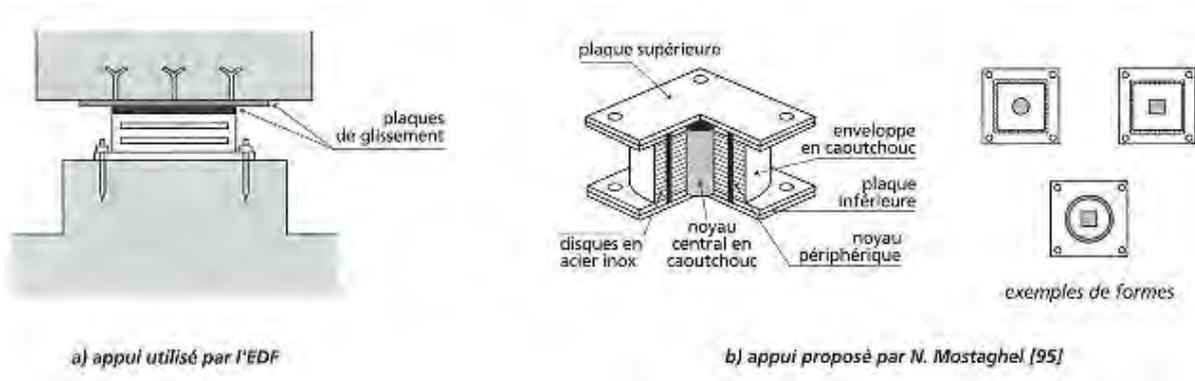


Grafico que muestra la reducción de los daños cuando los apoyos de deslizamiento se usan en un edificio 286

C- Apoyos a deformación y deslizamiento: 287

La combinación entre los dos tipos de apoyos nos da un resultado muy interesante, y suprime el inconveniente de tener un suelo deformable. En principio los apoyos se deforman gracias a las distorsiones del elastómero, pero en el caso de un seísmo muy fuerte se crean deslizamientos. Éste sistema puede retomar los dos efectos. Este sistema reduce los movimientos de tierra y los desplazamientos de la superestructura, así que los esfuerzos cortantes en la base.



Apoyos a deformación y deslizamiento: en la izquierda un apoyo usado por la empresa de energía Francesa EDF, y en la derecha un apoyo propuesto por Mostaghei. 288

D- Apoyos con rodamientos: 289

Compuesto de bolas esféricas que permiten un desplazamiento en dos direcciones. Es un sistema muy poco usado a causa de los múltiples defectos que comporta, por ejemplo el gripaje después de un largo tiempo sin oscilaciones y su amortiguamiento débil.



Apoyos con rodamientos 290

### 1.2.2.2- Los amortiguadores: 291

**Los amortiguamientos permiten disipar la energía sísmica y reducir las oscilaciones y las cargas sísmicas.** Se usan en combinación con los apoyos parasísmicos a veces, o en las superestructuras no aisladas. Hay diferentes tipos de amortiguamientos, histeréticos, viscosos, a fricciones.

Existen otros tipos de amortiguamientos por ejemplo magnéticos que pueden reducir los desplazamientos de 20% hasta 30%, hecho por un equipo japonés “Shimosaka”.

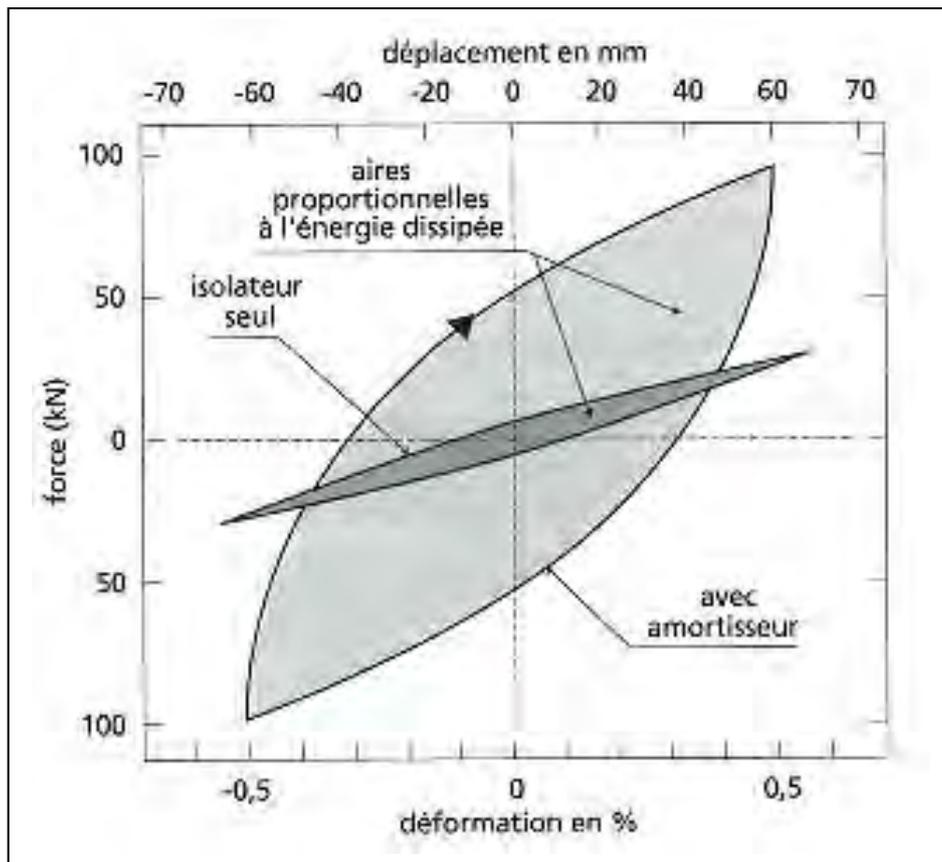


Diagrama que muestra la energía disipada cuando usamos un aislamiento solamente y cuando usamos una combinación de aislamiento más amortiguamiento. 292

### A- Amortiguamientos histeréticos: 293

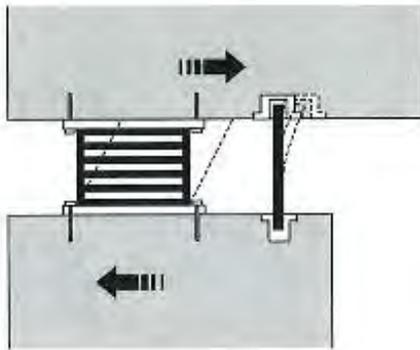
Los amortiguamientos histeréticos están hechos con materiales dúctiles como el acero suave, plomo, aleación maleable, y otros. La disipación de la energía sísmica se hace a través de la deformación de estos elementos que no tienen un rol portante pero solamente de minimizar los desplazamientos y bajar la carga sísmica.

El montaje de los amortiguamientos histeréticos debe permitir cambiarlos fácilmente, en

principio no necesitan mantenimientos. Múltiples tipos de amortiguamientos existen:

- Barrote de acero suave: 294

Los barrotos están fijados a su base y guiados por la parte superior. Trabajan en flexión.



a) principe



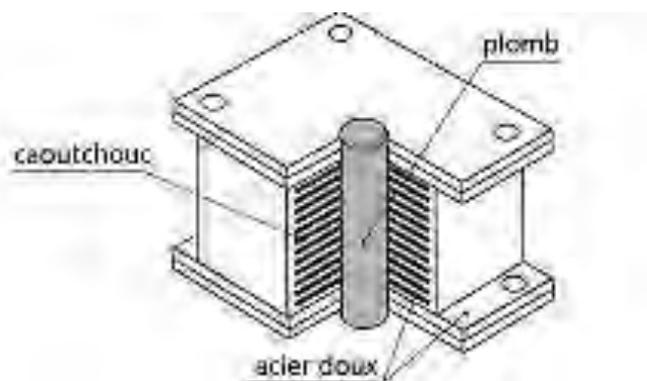
b) groupe de 4 amortisseurs

Amortiguamiento en Barrote de acero suave 295

- Barrote de plomo: 296

Está ubicado en centro del apoyo de deformación. Estos barrotos trabajan principalmente en esfuerzos cortantes.

No es posible remplazarlos sin sacar los apoyos. Durante el seísmo el plomo penetra en el caucho y los deteriora.

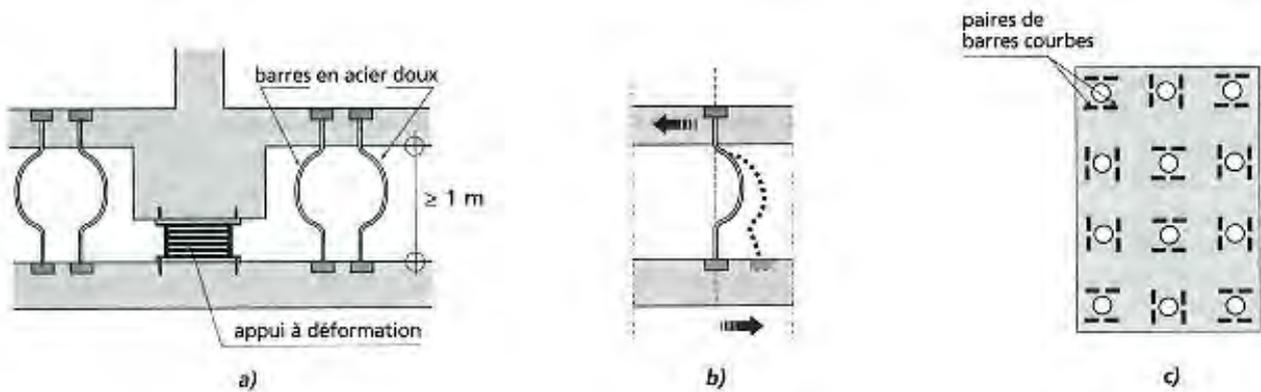


Amortiguamiento en Barrote de plomo 297

- Barras curvas en acero suave: 298

Son barras fijadas en las dos extremidades, y son usadas por parejas repartidas bajo el edificio en las dos direcciones perpendiculares. Un espacio alto entre las cimentaciones y la estructura es necesario a causa de la curva de las barras.

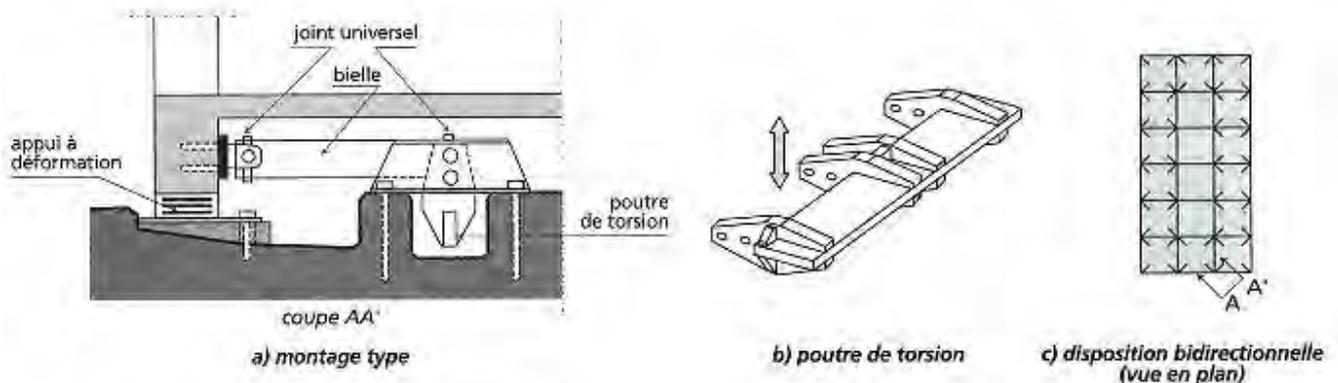
Este sistema resiste bien al levantamiento de la superestructura.



Amortiguamiento en Barras curvas en acero suave 299

- Vigas en acero suave solicitadas en torsión: 300

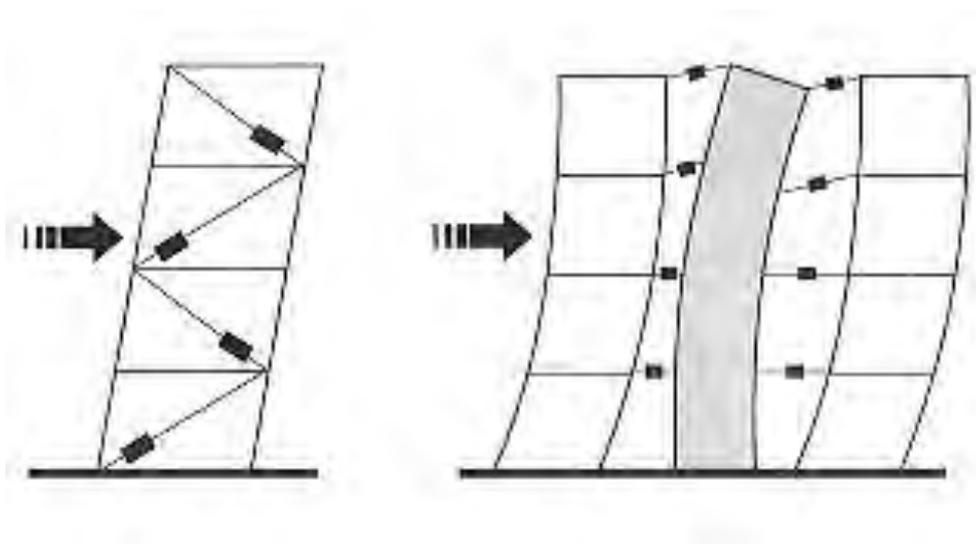
Este sistema se usa mucho para las centrales nucleares. Durante las oscilaciones de la construcción estas vigas trabajan en torsión por un sistema de válvulas y de bielas conectadas con la superestructura.



Principio de un amortiguamiento en barra de torsión 301

## B- Amortiguamientos viscosos: 302

Este tipo de amortiguamientos pueden ser fijados a la superestructura fácilmente, y esta última debe permitir las deformaciones indispensables para su funcionamiento.

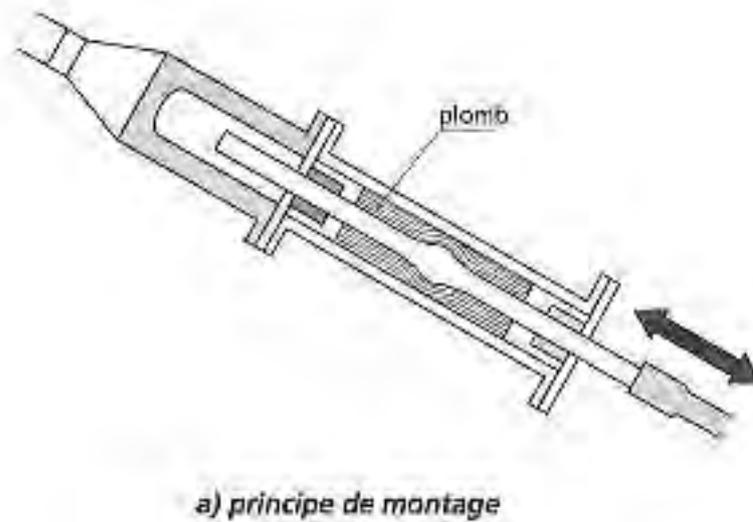


Ubicación de los amortiguamientos en la superestructura 303

- Amortiguamiento a extrusión de plomo: 304

Este tipo de amortiguamiento se usó con éxito en la construcción de puentes parasísmicos en Nueva Zelanda. Este sistema de amortiguamiento se ubica en los elementos de reforzamientos (contreventement).

Estos amortiguamientos se alargan de 1 cm. para poder disipar la energía sísmica, por lo que es recomendable tener tramos largos. La disipación de la energía sísmica se obtiene gracias a la extrusión del plomo a través orificios.

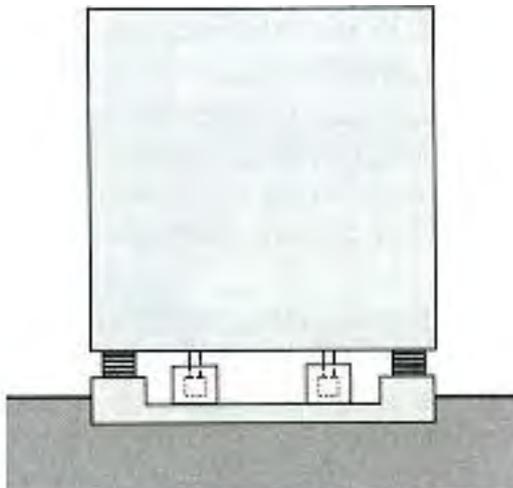


Amortiguamiento a extrusión de plomo 305

- Amortiguamientos de fluido viscoso: 306

Este tipo de amortiguamiento se compone de cajas fijadas a las cimentaciones, que contienen un líquido muy viscoso como por ejemplo el asfalto. Este fluido va a frenar los movimientos de un barrote que tiene una de sus extremidades fijada a la superestructura.

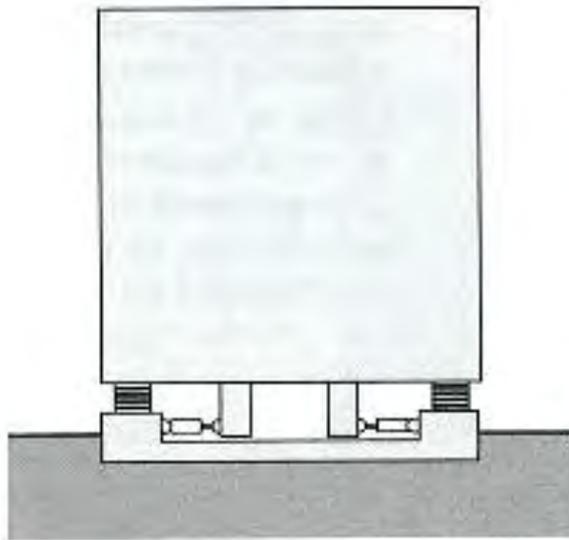
Con este sistema podemos llegar a una disipación de la energía de hasta 20%, combinando amortiguamientos y apoyos. Este tipo de amortiguamientos es muy sensible a los cambios de temperatura, por lo que hay que intentar de guardarlo fija.



Amortiguamientos de fluido viscoso 307

- Amortiguamientos al aceite: 308

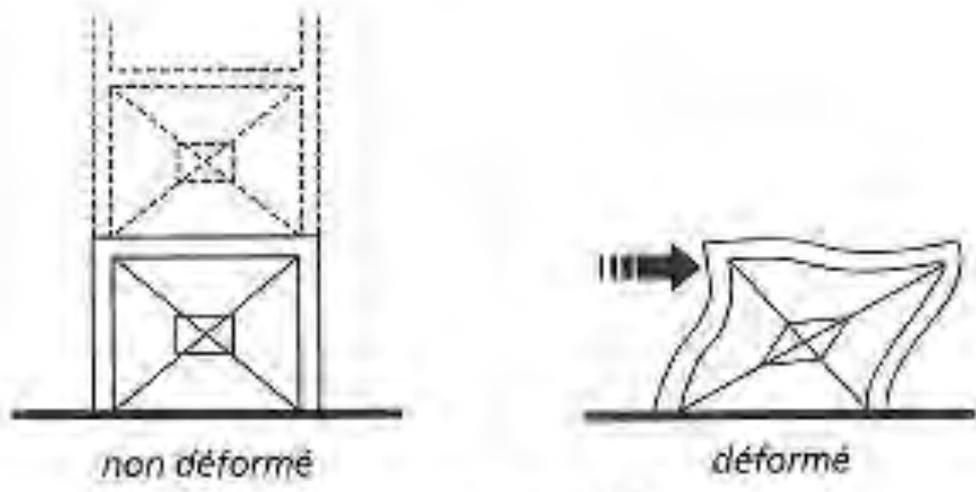
Es el mismo sistema que usamos en la construcción de los coches, podemos usarlo también en la construcción parasísmica. La disipación de la energía resulta de la extrusión por un pistón de una cantidad de aceite a través orificios.



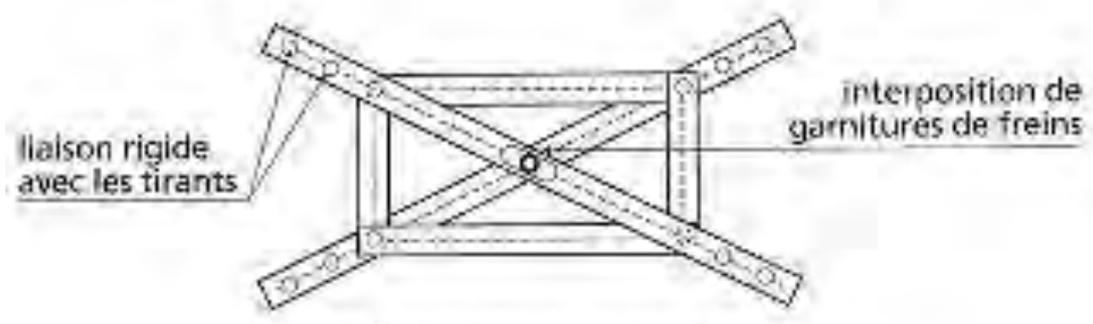
Amortiguamientos al aceite 309

### C- Amortiguamientos a fricciones: 310

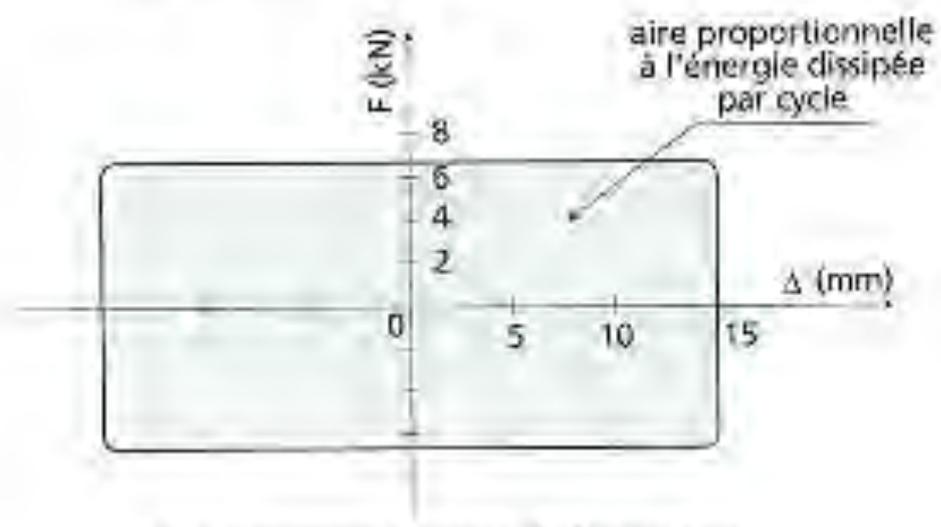
Los amortiguamientos de este tipo disipan la energía sísmica gracias a las fricciones secas, por ejemplo en el sistema hecho por Pall y Marsh elementos de fricción están instalados en las cruces de los reforzamientos de la estructura metálica. La deformación de la estructura bajo los esfuerzos sísmicos provoca deslizamientos de los elementos de fricciones que alargan el periodo propio de la estructura y disipan la energía. Gracias a este sistema podemos también reducir un 50% los esfuerzos cortantes en la base de los pilares.



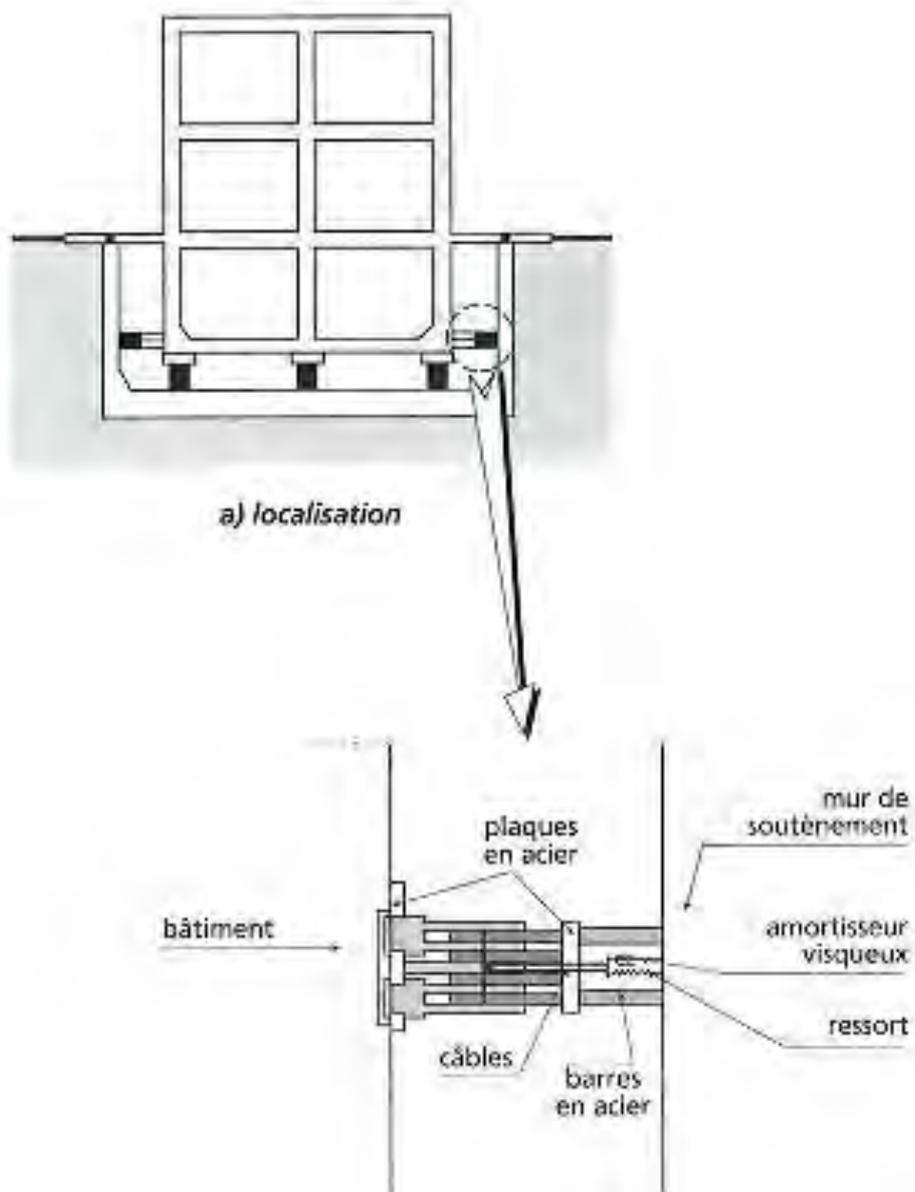
a) ossature contreventée par des tirants croisés



b) détail du dispositif d'amortissement



c) diagramme charges-déformations



### 1.2.3- Las instalaciones en la construcción antisísmica:

El mantenimiento de las instalaciones durante un terremoto es muy importante, por ejemplo cuando las instalaciones de gas se rompen pueden provocar unas explosiones y provocar un incendio, y cuando la red de agua se ve afectada, vamos a tener dificultades para luchar contra el incendio. Por lo que concierne a las instalaciones de electricidad, estas son muy importantes para los hospitales y las instituciones como la protección civil y los bomberos, así como para el ejército y otros cuerpos importantes en la intervención en caso de una catástrofe después el terremoto.

Para proteger las instalaciones en una zona sísmica, debemos asegurar lo siguiente:

- La estabilidad mecánica de la instalación
- La integridad de la instalación
- La capacidad de funcionamiento
- La operatividad

También, deben tomarse algunas disposiciones para que las instalaciones no sean frágiles por los seísmos:

- Usar instalaciones ligeras
- Reforzar los anclajes
- Bajar el centro de gravedad para evitar las fuerzas de momento importante.
- Usar materiales dúctiles
- Repartir la masa de la instalación igualmente sobre el soporte.
- Asegurar que las disposiciones antisísmicas no molestan el funcionamiento de la instalación
- Evitar colisiones entre las instalaciones.
- Evitar poner un amortiguamiento entre la instalación y la estructura.
- Evitar el efecto de resonancia de la instalación y el edificio. Hay que asegurarse de que el periodo propio de las instalaciones sea inferior a 0.03 segundos. Este periodo se llama periodo de corte porque ningún edificio puede llegar a él. Por debajo de este periodo no hay amplificaciones de los movimientos de tierra por las instalaciones.
- Ubicar las instalaciones en la planta baja porque en los pisos más altos los movimientos de tierra son más importantes.
- Estudiar las conexiones entre las instalaciones, y evitar las roturas.

#### 1.2.3.1- Elevador:

Es recomendable de usar elevadores hidráulicos en lugar de tornos elevadores, porque estos últimos en caso de un seísmo pueden provocar colisiones con la cabina debido al balanceo, y así se produce una destrucción de la cabina y del sistema de conducción.

#### 1.2.3.2- Equipamiento eléctrico:

Como hemos dicho arriba, los equipamientos eléctricos deben ser capaces de funcionar después de un terremoto. Y eso es muy importante por la parte de la gestión de una catástrofe si esta ocurre. Los elementos frágiles de un equipamiento eléctrico deben ser bien dimensionados porque son muy sensibles en caso de un terremoto fuerte. Todos estos componentes deben estar bien fijados. Los cables deben tener una dimensión larga para permitir un movimiento sin romperse. Es muy conveniente tener un dispositivo de corte automático de la electricidad para aislar los sectores deteriorados.

Los caminos de los cables deben tener un buen anclaje así como un refuerzo lateral para evitar que sus balanceos dañen otros equipamientos. En lo que respecta a las baterías, no deben estar puestas sobre un soporte de una manera libre, porque están en peligro de inversión. Las baterías deben estar fijadas a los soportes y aisladas gracias a elementos de madera.

Al nivel del urbanismo, es importante tener los cables de electricidad protegidos dentro de tubos dúctiles que no se rompan en caso de un terremoto violento, así que deben tener una dimensión larga que les permite de moverse, además de una elasticidad importante. Recordemos que el seísmo de Boumerdes en 2003 provocó la rotura en el mar de los cables de teléfono que conectan Argelia a Europa.

Es importante también tener los pilares de luz y los cables de electricidad bien hechos, y deben tener una flexibilidad que les permita resistir al seísmo sin romper los cables (en caso de una flexibilidad grande los cables pueden romperse fácilmente). Es importante que no sean fijados a los edificios, porque primero, en caso que esto se rompan, y segundo la fuerza de movimiento del edificio por su masa es más grande que la del pilar de electricidad.

#### 1.2.3.3- Tubería:

Gracias a su flexibilidad la tubería resiste bastante bien a los seísmos. Su rotura debida a sus vibraciones propias es muy rara. Las roturas de la tubería son debidas en general a las deformaciones de la estructura o de los equipamientos con que están conectadas. En caso de una red como en una fábrica industrial, el sistema de fijación debe dar la capacidad a la tubería de poder tener desplazamientos lentos sin dejar de ser rígida para

poder soportar las solicitaciones intensas. Al mismo tiempo, hay que limitar las deformaciones de la estructura y permitir desplazamientos de la tubería, que se hacen normalmente en 3 direcciones, es por ello que suelen instalarse codos o liras en forma de U.

En caso de que la tubería atravesase un muro, debemos dejar un orificio con un diámetro suficiente para dejar un espacio que permita los desplazamientos. Podemos también rellenar este orificio con un material compresible. Hay que saber que es preferible que la red de tubería no traviere los elementos estructurales.

Para las tuberías de gas, es preferible de tener un sistema de corte automático en caso de despresurización, porque los incendios debidos a los seísmos son frecuentes.

Para la tubería enterrada en el suelo, es preferible de elegir un camino de la red sobre la misma formación homogénea, y evitar las zonas capaces de licuefacción y de corrimientos de tierra.

#### 1.2.3.4- Conductos de ventilación y de aire acondicionado:

Las estuchadas de ventilación y de aire acondicionado tienen un comportamiento similar a las tuberías, y hay que aplicar las mismas protecciones sísmicas, es decir un refuerzo lateral de los conductos suspendidos, y una conexión flexible a todos los equipamientos fijados a la estructura. Hay que saber también que nunca se puede fijar las estuchadas de ventilación a un techo suspendido.

#### 1.2.3.5- Armarios:

La estructura de los armarios no está hecha para resistir a los terremotos. Por ello, cuando estos armarios sirven para guardar equipamientos frágiles y caros, hay que reforzarlos con unas barras en cruz que aumentan la resistencia a los esfuerzos horizontales y mantienen el periodo de oscilación por debajo de los 0.05S. Para evitar que los armarios caigan al suelo, es posible fijarlos con tornillos al forjado y a una pared estructural.

## 2- La prevención del riesgo de inundaciones:

### 2.1-Prevención de las inundaciones a nivel urbano: 312

Establecer un sistema de prevención y de alerta este requiere una relación entre los datos y herramientas de previsión.

El sistema de previsión debe dar un tiempo suficiente para que la población reaccione para reducir los daños y las víctimas. El sistema de alerta y de previsión debe ser correcto para conservar su credibilidad, este sistema debe funcionar correctamente durante los eventos grandes, y sobre todo se debe hacer ejercicios de entrenamiento para poder reaccionar de una manera adecuada durante los eventos reales.

**El sistema de previsión y de alerta debe componerse de diferentes elementos que son: base de datos, comunicación, previsión, apoyo de decisión, notificaciones, coordinación y acción (respuesta).** Sin embargo, todos estos elementos deben funcionar durante un evento importante, si uno de ellos no funciona correctamente, eso puede romper el conjunto. Además. El sistema de previsión debe tomar en cuenta unos puntos importantes:

- Características de la cuenca
- Historia de las inundaciones
- Base de datos existente

Estos puntos ayudan a saber el tipo de sistema de previsión asequible.

### 2.2- La previsión gracias a una red hidrometeorológica:

- **Diseño de la red:** Es difícil de gestionar la previsión de una inundación cuando no disponemos de una base de datos ya que estos datos son necesarios para controlar el evento.  
La observación in situ de los parámetros hidrológicos y meteorológicos son necesarios. Par tener un diseño de la red eficiente, se debe primero analizar el sistema de red existente gracias a las tablas y los mapas estos deben estar disponibles con todos los datos: parámetros, ubicación, sensores, grabadores, equipamientos. Gracias a este análisis se puede mejorar la red modificando o añadiendo los elementos que pueden faltar.
- **Adquisición de los datos:**

Hoy día, se usan técnicas muy avanzadas como el reconocimiento con satélites o la teledetección, que nos permiten tener datos sobre precipitaciones o eventos importantes. Muchos países usan “Global Telecommunications System” (GTS) de la organización mundial de la meteorología (WMO) para la transferencia de los datos en tiempo real. Sin embargo, estos sistemas si se usan incorrectamente pueden generar errores importantes agravando la situación.

- Datos de comunicación :

Los datos cosechados gracias a los satélites deben reconvertirse en datos digitales para poder enviarlos al centro de previsión para que se guarden o se usen. El valor de los datos aumenta con la velocidad en la que llegan al centro de previsión donde se usan. Además. Cuando los datos llegan rápidamente eso permite tener más tiempo para analizar la situación y tomar las medidas adecuadas y así poder dar la alerta pronto

- Operación:

Cuando los datos están listos en el centro de previsión, se necesitan profesionales preparados para poder analizarlos y usarlos, así como almacenarlos para estar preparados en caso de necesidad.

Es importante mantener la red del sistema de previsión preparada todo el tiempo y garantizar su mantenimiento para su buen funcionamiento en cualquier momento.

## **2.3- Análisis y determinación de los datos para el estudio de la prevención de las inundaciones:**

### **2.3.1- Los estudios geomorfológicos:** <sup>313</sup>

**Los estudios geomorfológicos tienen el objetivo de identificar y localizar los diferentes procesos, las formaciones así como la unidad geomorfológica,** desde las informaciones que tenemos y el análisis del terreno. La Hidrogeomorfología mezcla la geomorfología con el análisis hidrológico. Esta metodología nos ayuda cuando no hay informaciones históricas y un estudio hidráulico fiable. Permite ubicar los límites de las zonas inundables y situar el funcionamiento del corte de agua.

La Hidrogeomorfología se apoya sobre el análisis de las fotos y sobre un trabajo minucioso en el terreno. Esta metodología se divide en dos fases:

- Una fase de análisis.
- Una fase de síntesis.

La fase de análisis se compone de una parte de análisis de la cartografía hidrogeomorfología y de otra parte de la explotación de los datos históricos. La fase de síntesis gracias a la aumentación de los resultados nos conduce a un resultado bajo la forma de una cartografía de inundabilidad de la zona estudiada.

La creación de esta cartografía requiere:

- Análisis de las características de la cuenca de drenaje, la cual determina el funcionamiento hidrológico .
- Identificación y delimitación cartográfica de las unidades hidrogeomorfológicas, que son tres:

Lecho menor: Donde hay aluviones frecuentes, se delimita entre las orillas. Este lecho está lleno de agua todo el año, y puede inundar solamente un sector más bajo.

Lecho medio: Donde hay aluviones frecuentes, la velocidad y la carga son importantes y producen una dinámica morfológica.

Lecho mayor: Es muy raro que este lecho se inunde. La dinámica en este sector ayuda a la sedimentación.

**Estas identificaciones y análisis se hacen a través de la explotación de los documentos que existan, la interpretación de las fotografías aéreas, observación del terreno e investigación de los vecinos.**

Es necesario reunir otros datos como la ocupación del suelo que pueden influir sobre la hidrología de la llanura aluvial, como por ejemplo las obras o un bosque. Sin embargo, no hay que olvidar reunir también las informaciones sobre las crecidas históricas que constituye un punto muy importante del diagnóstico del riesgo de inundación, y que toma en cuenta 3 aspectos:

- Informaciones sobre las superficies inundables en el pasado.
- Las alturas de inundaciones históricas.
- La intensidad de estas inundaciones.

Por lo que concierne la fase de síntesis, la unión de las informaciones hidrogeomorfológicas e históricas nos da el resultado siguiente:

- Las crecidas principales (raras, excepcionales, frecuentes)
- La diferenciación entre las zonas de movilidad y de grandes flujos, así que de los campos de expansión de las crecidas.
- La evaluación de los cambios de dirección de flujo que pueden ocurrir.
- El conocimiento de las influencias de las obras sobre el flujo.

### **2.3.2- Estudio de las alturas máximas alcanzadas por las crecidas durante la historia de la región:** <sup>314</sup>

**El análisis de las alturas máximas alcanzadas durante la historia de la región es necesario**, y se concentra en la reunión de los datos históricos disponibles, la caracterización del proceso histórico de las inundaciones, la delimitación de los campos de inundaciones y las crecidas históricas, la reconstitución de estos eventos (fecha, duración de la subida del agua, duración del sumergimiento, reconstitución del hidrógrama, el nivel máximo alcanzado, los daños....) .

### 2.3.3- Aspectos hidrológicos: 315

Tiene el objetivo de **estimar los caudales y los hidrogramos de las crecidas**. El cálculo de esta estimación se hace gracias al método siguiente:

- Método probabilístico ( análisis de las estadísticas de los datos hidrométricos)
- Método hidrometeorológico: formula de transformación lluvia-caudal que nos deja calcular la cantidad de agua del flujo sobre la cuenca hidrográfica.
- Método de cálculo del caudal empírico.

#### 2.3.3.1- Pluviometría: 316

Para poder determinar el Caudal máximo es necesario concentrar los estudios sobre la lluvia intensa de corta duración, que puede provocar un riesgo de crecida por la dimensión reducida de la cuenca hidrográfica. Una estimación de las lluvias de corta duración se puede obtener desde el análisis estadístico de las lluvias de corta duración observada a partir de un pluviógrafo.

La lluvias de corta duración se expresan con su intensidad representada bajo la forma de una curva IDF( intensidad, duración, frecuencia) , el análisis estadístico de la lluvia de corta duración permite dibujar esta curva. Las intensidades pluviométricas se calculan gracias a la ley de Montana:

$$i_{t,T} = a(T) \cdot t^{-b(T)}$$

donde

$i_{t,T}$  es la intensidad de la lluvia con una duración  $t$  y un periodo de vuelta  $T$  .

$a$ ,  $b$  son coeficientes de Montana

#### 2.3.3.2- Hidrometría: 317

En primer lugar es importante conocer los eventos históricos para conocer las intensidades con las que pueden reproducirse en el futuro. Es decir, conocer el caudal máximo de cada evento, la altura del agua, la intensidad de los daños, gracias a los periódicos, desde las estaciones, observación del sitio, investigaciones ante la población.

En este caso para poder estimar el riesgo de las crecidas, las leyes más usadas son:

- La ley de Gumbel
- La ley de Frechet

#### 2.3.3.3- Caudal: 318

Podemos dividir en dos partes el caudal teórico máximo:

- El modelo de transformación de las lluvias a un caudal que nos deja conocer el caudal máximo a partir de la pluviometría.
- El modelo empírico que relaciona un caudal máximo con las características de

la cuenca hidrográfica.

Para el primer modelo podemos presentar una metodología para poder calcular el riesgo de crecida:

- Metodología racional

Es un método irlandés que nos permite calcular el caudal de una cuenca hidrográfica bajo las precipitaciones. Este método utiliza tiempo de concentración.

$$Q(T) = \frac{1}{3.6} \cdot C \cdot I(t_c, T) \cdot A$$

Q (T): Caudal de la Cuenca Hidrográfica de periodo de retorno T.

C: Coeficiente de escurrimiento.

I (t<sub>c</sub>, T): Intensidad media máxima de la lluvia sobre un periodo que corresponde al tiempo de concentración de la cuenca para un periodo de retorno T.

A: Superficie de la cuenca hidrográfica.

Este método es válido para las cuencas de pequeña dimensión porque no toma en cuenta los factores de amortiguamiento.

Para el modelo empírico, que es un modelo probabilístico, relaciona un caudal máximo con una frecuencia fija con las características de una cuenca hidrográfica.

Diferentes métodos nos permiten de hacerlo, podemos citar:

- MetodoCRUPEDIX
- MetodoSOCOSE
- MetodoGRADEX (cuando hay informaciones hidrométricas)

#### 2.3.3.4- Hidrograma de las crecidas: 319

En general la estimación del Caudal máximo no es suficiente para el estudio hidráulico del funcionamiento en crecida de un río caracterizado por:

- Tiempo
- El volumen
- La duración

Por este motivo, en un estudio hidráulico es necesario tener a disposición aparte del Caudal máximo, el hidrograma de las crecidas que toma en cuenta la duración y el volumen de la crecida.

El hidrograma esta caracterizado por:

- El caudal máximo.
- El tiempo de base y el tiempo de subida.
- El volumen.

Tenemos dos tipos de Hidrogramas:

Hidrograma unitario:

Está basado en la hipótesis de que la forma de reacción de una cuenca hidrográfica está determinada gracias a sus características: geometría, dimensión, pendiente, la longitud. en este caso, su forma de reacción es siempre la misma.

Hidrograma modelo QDF:

Es un modelo que explica las relaciones que hay entre caudal, la duración y la frecuencia. Sus propiedades principales son la representación sintética del régimen hidrológico de una cuenca hidrográfica en crecida, y la posibilidad de usarlo sobre otras cuencas hidrográficas, gracias a dos parámetros: el caudal máximo decenal, y la duración de la crecida de la cuenca.

#### 2.3.3.5- Estudio hidráulico: 320

Los estudios hidráulicos nos permiten alcanzar los objetivos siguientes:

- Caracterizar los flujos en la zona de estudio, por la altura y la velocidad, para poder entender los mecanismos de inundación en la zona.
- Determinar para las crecidas que tienen diferentes periodos de retorno, el nivel más alto del agua, y poder establecer mapa de inundación de la zona y del azar de las inundaciones.
- Evaluar las repercusiones sobre los futuros proyectos urbanísticos.
- Definir una propuesta de organización del urbanismo, para reducir el impacto de las inundaciones.

#### 2.3.4- Modelización de los flujos: 321

Existen varios programas informáticos que tienen la capacidad de simular el funcionamiento de un corte de agua, calculando las cotas de agua así como la velocidad del flujo, la duración de sumergimiento....

Permiten también calcular las líneas de agua para simular los flujos en los ríos y los campos de expansión de las crecidas. Las obras como los puentes, diques, están tomados en cuenta en el cálculo.

Podemos distinguir diferentes modelizaciones hidráulicas de los flujos, depende de las morfologías de los cortes de agua y de su valle, así como los objetivos que queremos alcanzar a través de la modelización. Podemos distinguir dos tipos, el flujo unidimensional y el flujo multidireccional.

### 2.3.5- Principios de la modelización:

#### 2.3.5.1- Base de datos: 322

Los datos importantes a rellenar en el modelo hidrólico son :

- El caudal del proyecto, o el hidrograma generado por el estudio hidrológico.
- La topografía, bajo la forma de la sección del río.

La calidad de la topografía debe ser muy buena y con mucha precisión, para poder alcanzar los objetivos requeridos.

#### 2.3.5.2- Construcción del modelo: 323

Después de tener todos los datos de la topografía, la construcción del modelo de la red del flujo superficial se hace a partir de:

- Estructura geométrica del modelo, por ensamblaje de las secciones de los flujos.
  - Especificación geométrica de los perfiles.
  - Indicación de la distancia entre los perfiles.
  - Especificación de los parámetros específicos de las obras.
  - Relaciones entre los perfiles.
  - Indicación de los nudos.
- Definición de los límites: río abajo, río arriba para diferentes periodos de retorno.

#### 2.3.5.3- Calado y simulación: 324

El calado consiste en determinar los parámetros y la estructura del modelo de simulación de los flujos, hasta que resulte una línea de agua desde los cálculos, y un límite de la zona inundable.

Los parámetros son los coeficientes de STRICKLER que representa la rugosidad del lecho, en que depende mucho el nivel de agua, y el modo de representación de los flujos.

Los coeficientes de STICKLER dependen de:

- Del material del lecho.
- De la irregularidad de la superficie del fondo y las orillas.
- Meandrización del curso del agua
- Las vegetaciones.

El calado se hace sobre una crecida histórica cuyos datos son disponibles (caudal máximo, nivel de las crecidas, zonas inundables).

Cuando el modelo esta hecho, se puede usar para calcular las líneas de agua para las diferentes crecidas del proyecto.

## 2.3.6- Análisis y estudio del riesgo de inundación.

### 2.3.6.1- El riesgo:

El riesgo se calcula gracias a la formula siguiente:

$$\text{Riesgo} = \text{El azar} \times \text{La vulnerabilidad} \times \text{Coste}$$

Podemos después clasificar el riesgo en diferentes clases y dar a cada clase un color que lo especifica. Por ejemplo:

Alto riesgo: rojo

Medio riesgo: azul

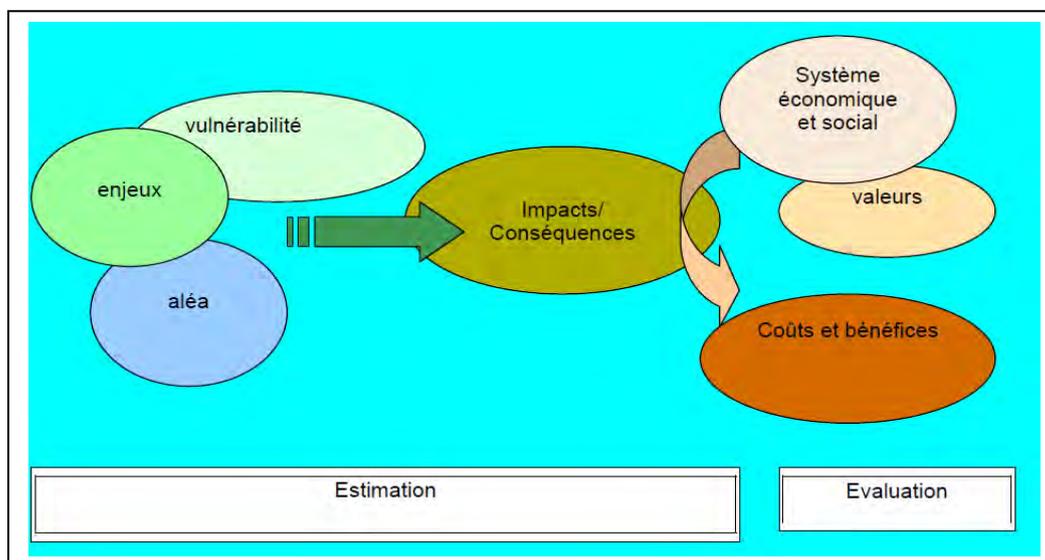
Bajo riesgo: amarillo

Riesgo nulo: blanco

### 2.3.6.2- El cálculo de los daños: 325

La estimación de los daños se hace a través dos fases:

- La fase de estimación que corresponde a la cuantificación física de los impactos.
- La fase de evaluación que corresponde a la cuantificación económica de los impactos.



Esquema de la evaluación del riesgo

Para transformar los datos hidrológicos y hidráulicos a datos económicos se hace gracias a curvas de daños (que representan la relación entre el azar y el coste), relacionada con su vulnerabilidad, para una tipología de la crecida específica. Los daños están calculados gracias a datos de la superficie y datos puntuales. Los resultados son representados por el costo de una inundación con una frecuencia específica, o gracias a un cálculo de una media de costo anual.

### 2.3.7- las medidas estructurales de prevención de las inundaciones: 326

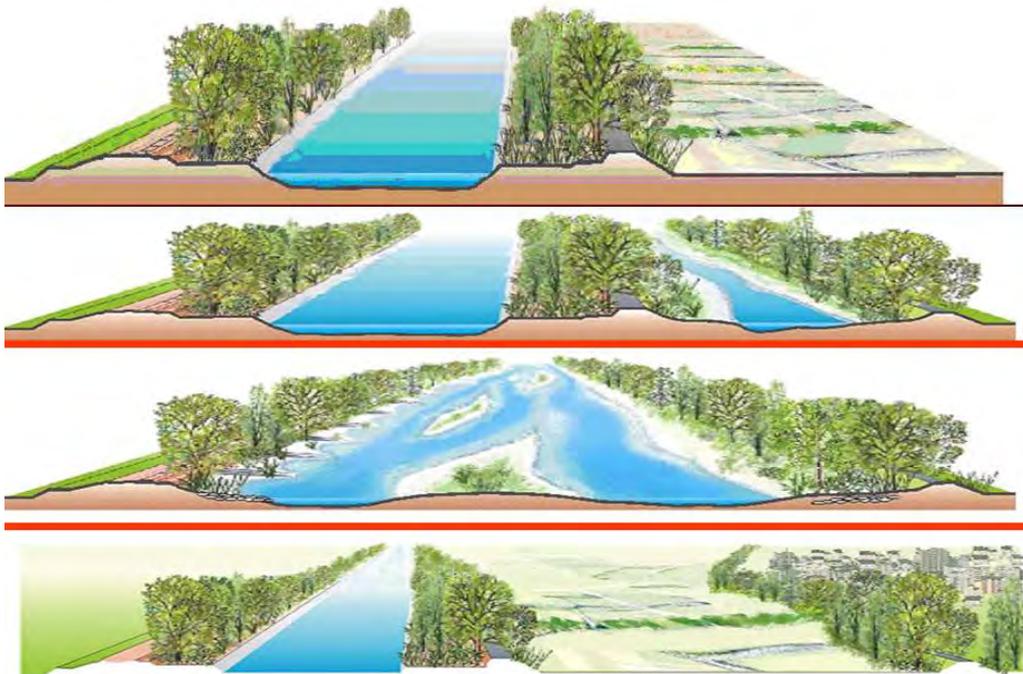
1. Tenemos diferentes técnicas de lucha y de prevención contra las inundaciones, unas consisten en la construcción de **estructuras pensadas para mantener o almacenar los caudales extraordinarios dentro de unos límites para proteger la población**. Dentro estas diferentes modalidades de obras hidráulicas de protección contra las inundaciones podemos citar la construcción de diques, terraplenes, muros de contención, la canalización del lecho del río, el desvío del curso fluvial y, por encima de todas, la construcción de presas y embalses artificiales.

Aunque estas protecciones son eficaces, **estas obras no garantizan una protección absoluta**. La presencia de estas estructuras ha hecho crecer entre la población un sentimiento de seguridad, lo cual puede aumentar la ocupación y el uso de los perímetros inundables, lo que puede generar unas consecuencias mucho más catastróficas que antes.

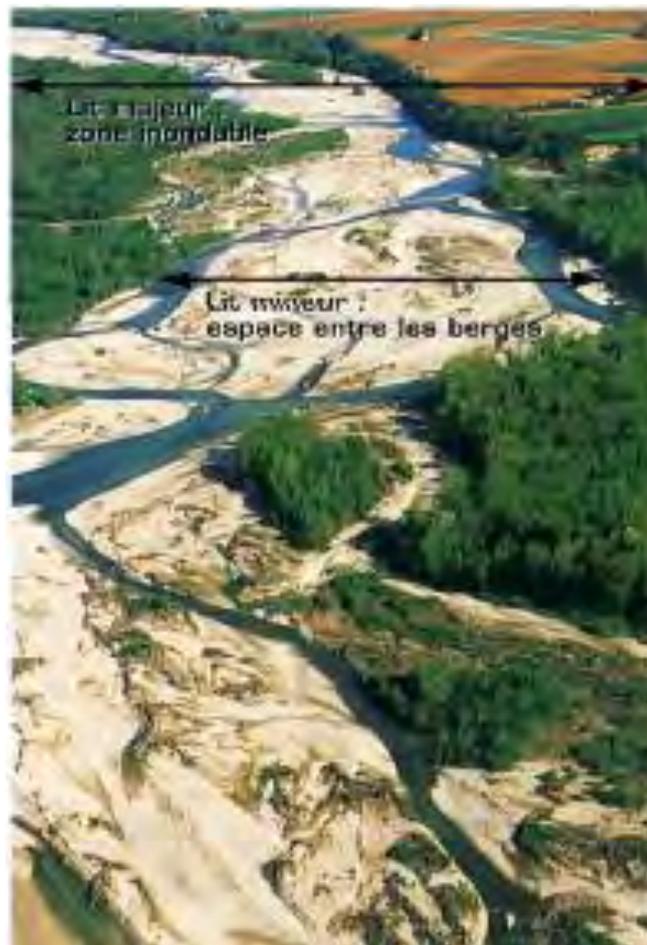
2. Sin embargo, tenemos otras medidas que se representan en **la protección de la cuenca, zonificación rural y urbana, políticas de desarrollo, normas de operación, dragados, construcción a prueba de inundaciones**.

La prevención de las inundaciones pasa primero por **una buena evaluación del riesgo, y un buen estudio de este fenómeno**. Después de esta fase, es necesario convertir estos datos en forma de un plan de urbanismo que toma en cuenta este riesgo. Este plano debe también evitar una concentración excesiva de la población y de las industrias. Es importante tomar en cuenta el tejido urbano que existe y readaptarlo en relación con el riesgo de inundaciones. En el caso en que algunas estructuras de lucha contra las inundaciones existan en el tejido urbano, es necesario verificar su funcionamiento y su resistencia.

Sin embargo, **el aspecto natural del río debe ser conservado y protegido** para poder guardarlo en su estado inicial. Esto quiere decir que hay que localizar el lecho menor y el lecho mayor del río, y evitar la construcción de nuevas obras sobre el lecho grande que no se toma en cuenta en general por la planificación urbana, lo que desarrolla un tejido urbano bajo un riesgo importante de inundación.

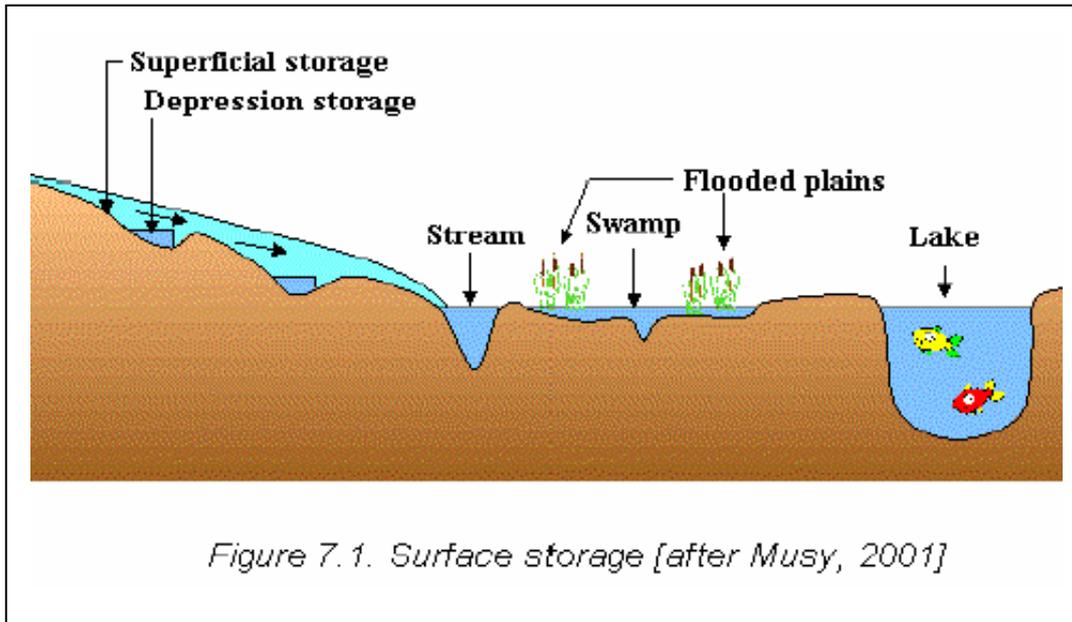


Diferentes tipos de ríos en diferentes estados (Natural y artificial) (CERG)



Río en un estado natural (CERG)

Cuando hablamos de la protección de los aspectos iniciales del río, hay también que hablar de proteger todas las zonas de almacenar del agua: arroyos, ciénagas, vegetales, lagos.



Diferentes lugares y superficies de macen del agua

No hay que olvidar que unos de los puntos importantes para evitar una inundación en una zona urbana, es de guardar el máximo de las superficies impermeables para permitir al agua de entrar en la tierra y de llegar a las tablas de agua.

Es importante después de guardar el aspecto inicial del río, de pensar a proteger la zona urbana gracias a diques y zonas libres de seguridad. Estas zonas libres pueden ser zonas turísticas, o zonas de deporte, o también zonas de naturaleza. El objetivo es de crear obstáculos y zonas de protección para bajar el riesgo contra la inundación de la zona habitable.

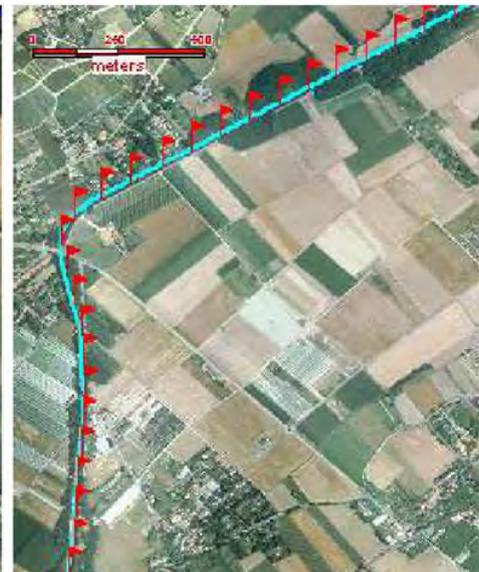
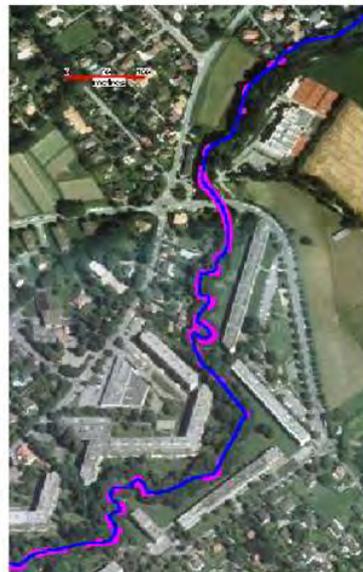


Diferentes zonas en un río en estado natural y la afectación de cada zona

*à préserver*

*à améliorer*

*à restaurer*



Rios en estados diferentes “Natural, Medio natural, Artificial” y las acciones a aplicar a cada uno (Preservar, mejorar, restaurar) (CERG)

En la prevención de las inundaciones es recomendable de guardar la diversidad ecológica del río.

### 2.3.7.1- Medidas estructurales:

Estructuras de “Taisya”:

Es una técnica que nos permite de reducir los deslizamientos gracias al uso del sauce y del adoquín.

El ejemplo siguiente nos muestra las etapas en el uso de esta técnica:

Veamos las fotos de izquierda a derecha: 327

- Contención de la tierra gracias a un topadora
- Compactación de la tierra y piles de Kogui
- Creación de obstáculos usando Taisya y Siki-soda.



Contención de tierra



Compactación de tierra



Creación de obstáculos

- Poner arena y gravas en la Taisya con un espesor de 20cm.
- Poner los adoquines.
- Ajustar los adoquines.



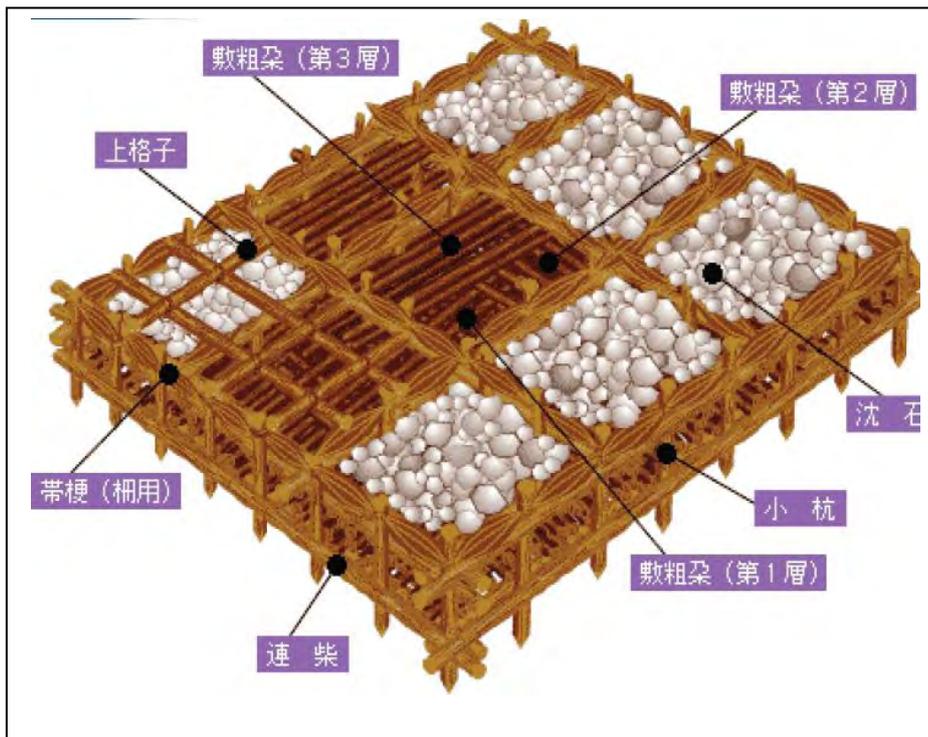
Poner Arena y Gravas



Poner adoquines



Ajustar adoquines



Esquema de la técnica

**Las retenciones son importantes para reducir la erosión del suelo, y disminuir la intensidad de la inundación.** Las propiedades del suelo (Textura, estructura, materias orgánicas contenidas) afectan mucho la impermeabilidad del suelo, y a la infiltración. La topografía afecta la velocidad e influye sobre el efecto erosión. La vegetación juega un rol muy importante en la protección contra la erosión, pero eso depende del tipo de vegetación. Los árboles del bosque son más protectores que los árboles frutales, y los pastos son más protectores que las tierras arables (cereales, granos de soja).

- Agricultura y forestación :
  - Conservar la vegetación que exista en el cauce, porque reduce la velocidad del caudal, y disminuye también la erosión.
  - Mantenimiento de los canales de drenaje.
  - Usar tipos de vegetales que crezcan rápidamente.
  - Tener un plan de plantación de árboles y de reforestación en caso de ausencia del tejido vegetal, aunque en caso que éste exista habrá que protegerlo.

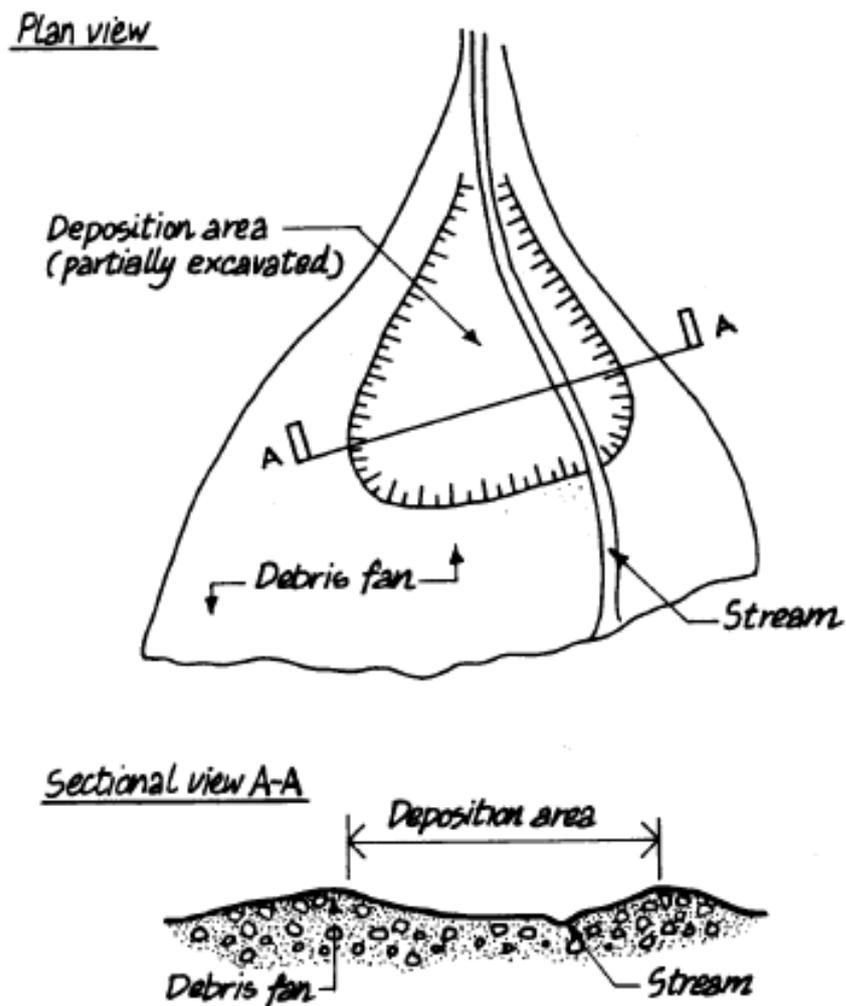
El tejido vegetal debe ser compuesto de varios tipos de árboles con diferentes tamaños, y de estructura resistente.

- Obras de control del agua  
Los agricultores pueden usar obras muy básicas y simples para controlar los efectos de las inundaciones, usando en general la madera. Estas obras deben ser resistentes y durables.

❖ Acequia y superficie de drenaje :  
La acequia de drenaje se usa en los cortes de agua que están en pendiente. Podemos observar dos tipos de acequia, unas construidas con madera y otras construidas con madera y piedra.  
Por lo que concierne a la superficie de drenaje, tiene la característica de retomar el agua de una gran superficie hacia un canal de drenaje.

- Área de depósito :

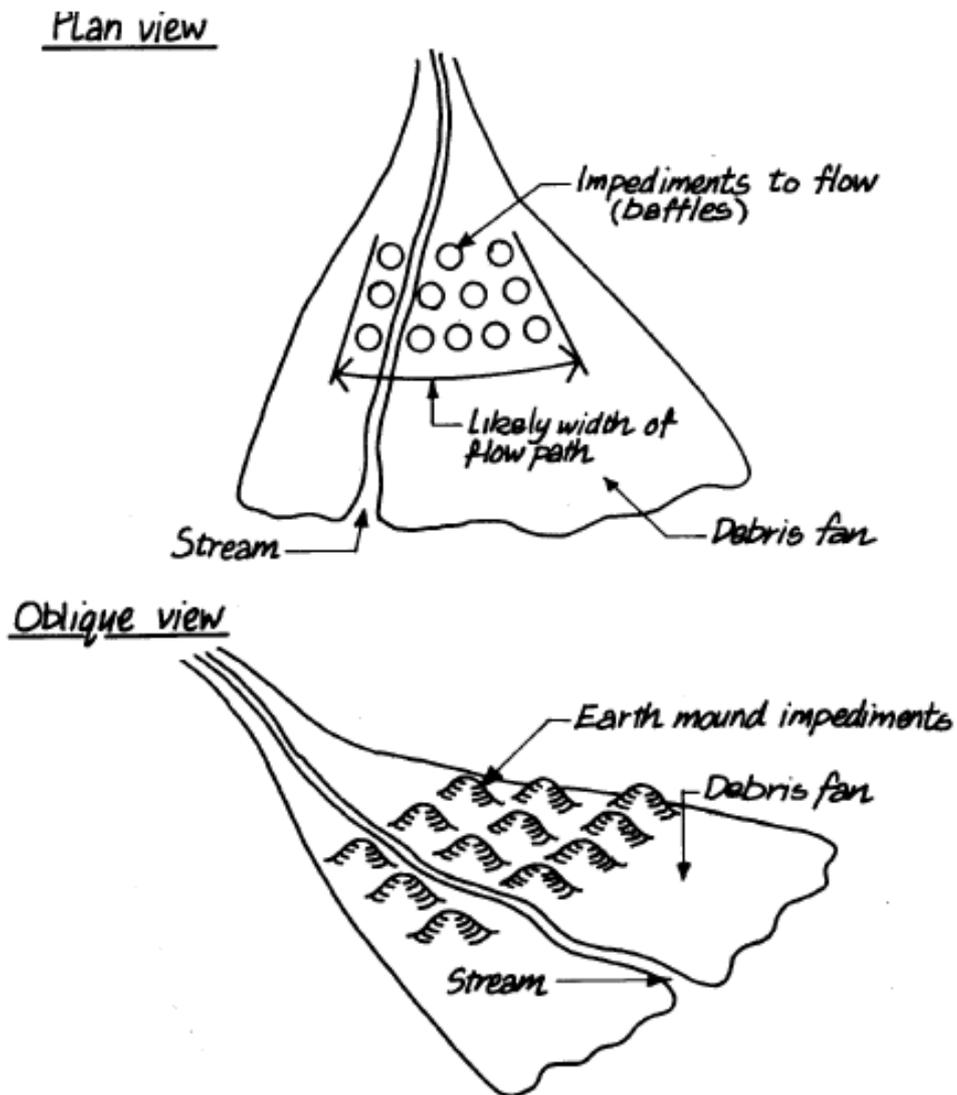
Es una zona hecha y transformada para poder **retomar o recibir las masas del flujo de escombros**. Esta zona es de forma curva donde cruza el río. La pendiente de esta zona no debe ser fuerte para que los escombros se queden dentro de ella.



Plano y sección de una zona de depósito de los escombros 328

- Impedimento del flujo :

Esta técnica permite **reducir la velocidad del flujo y su magnitud**, y también **bloquear los escombros que puede arrestar**. El impedimento puede ser natural con árboles o artificial con madera, acero, hormigón o piedras.



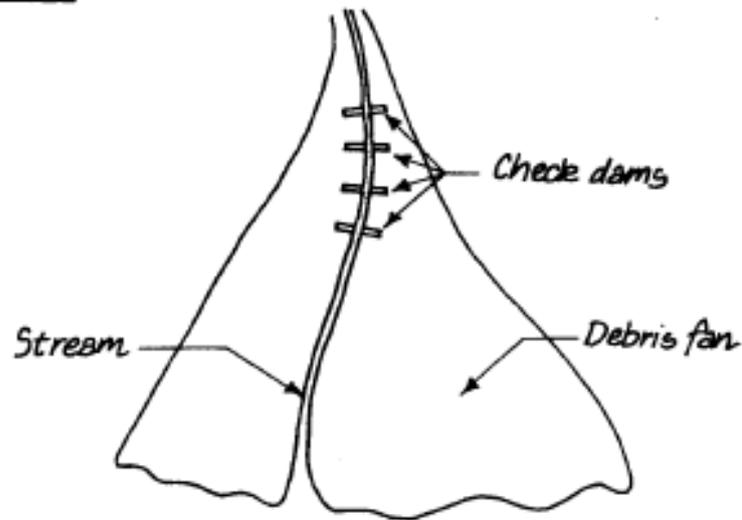
Esquema del Impedimento del flujo

- Presa de control:

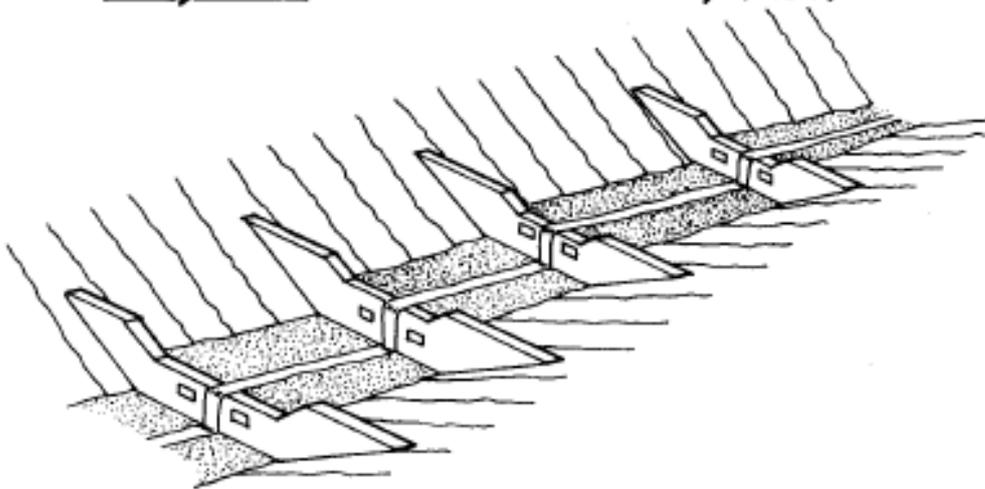
Estas obras se construyen sobre el lecho del río para poder **bloquear los materiales gruesos que el flujo puede llevar en su masa**. Pero también, puede ayudarnos a rectificar la pendiente del curso.

Podemos encontrar diferentes tipos de presa de control, el primero es en madera, el segundo está construido en madera y en piedra, y el último solamente en piedra.

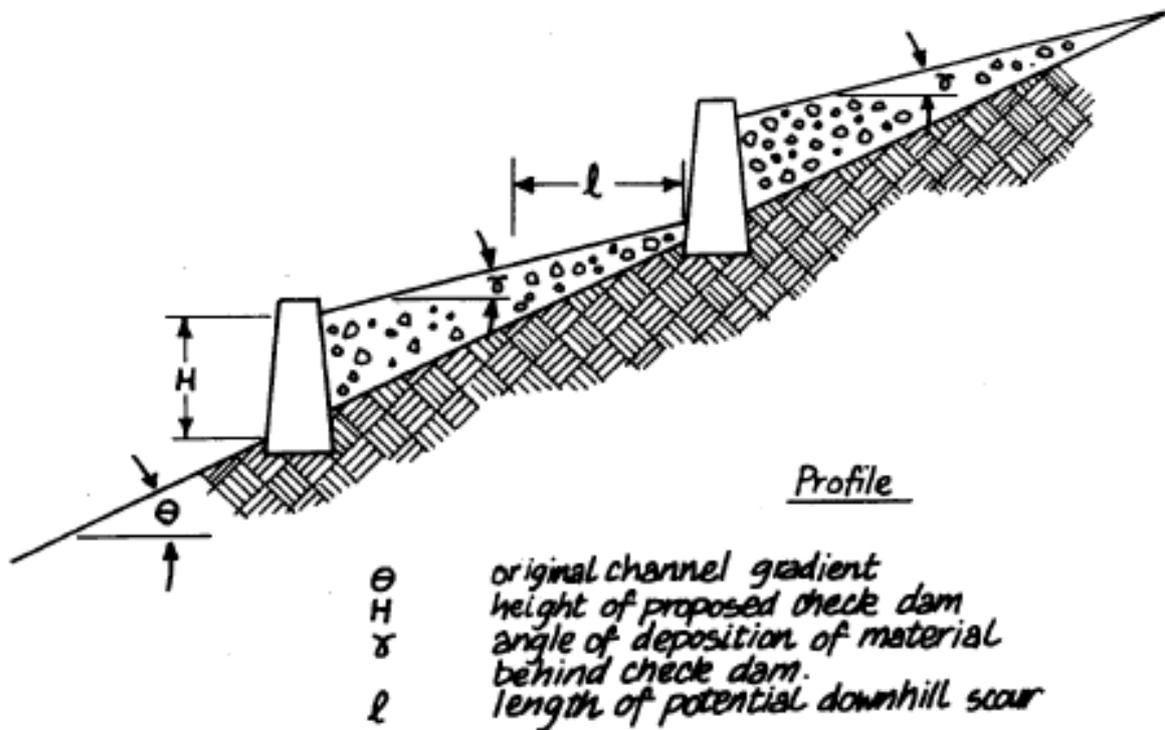
Plan view



Oblique view (after Eisbacher and Claque, 1984)



Esquema explicativo del Presa de control



$$\text{minimum spacing (between dams)} > 2l > \frac{H}{\tan \theta - \tan \delta}$$

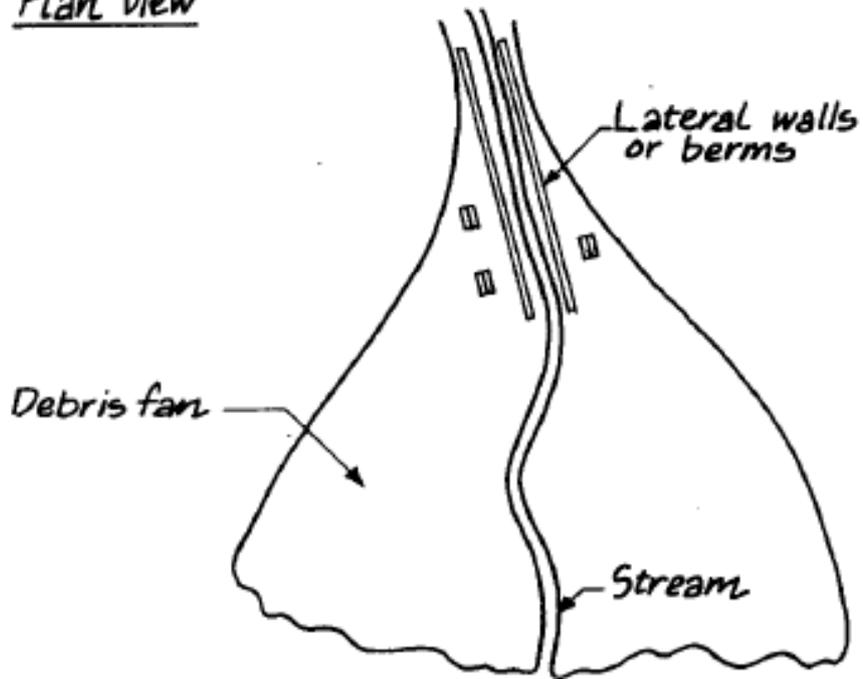
#### Sección del Presa de control

En general los escombros que quedan en las presas no se retoman, pero el exceso de volumen se rechaza gracias al flujo del agua con el tiempo. Podemos también observar unos orificios que sirven para dejar el agua pasar y retomar solamente los materiales gruesos.

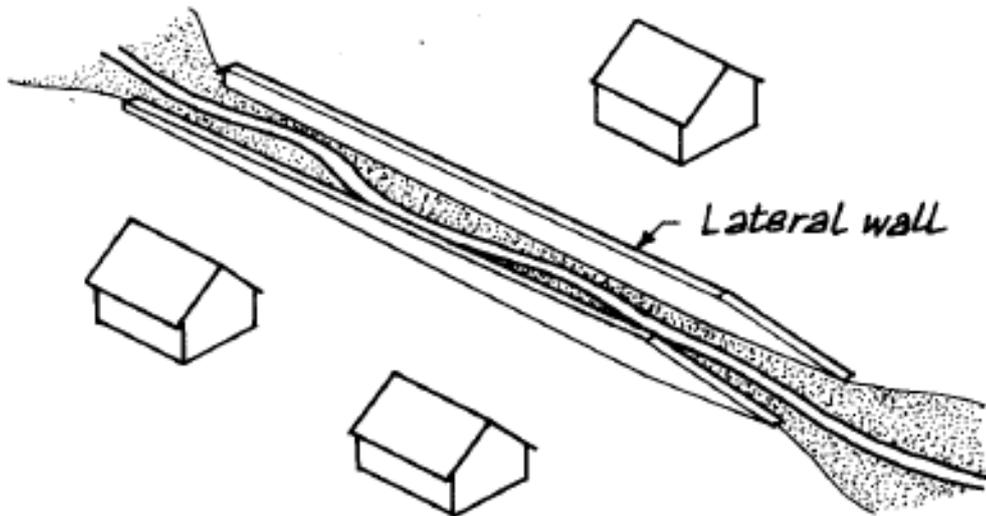
- Muros laterales:

Se usan para **contener y controlar los movimientos laterales del flujo de escombros, y empujan el flujo en una dirección inmediata**. Se usan también para que el flujo no salga de su canal y para proteger las obras y edificios. Se puede construir en tierra o piedra, así que en madera y hormigón. Estos muros deben ser resistentes contra los choques de los escombros así como al efecto de la erosión.

Plan view



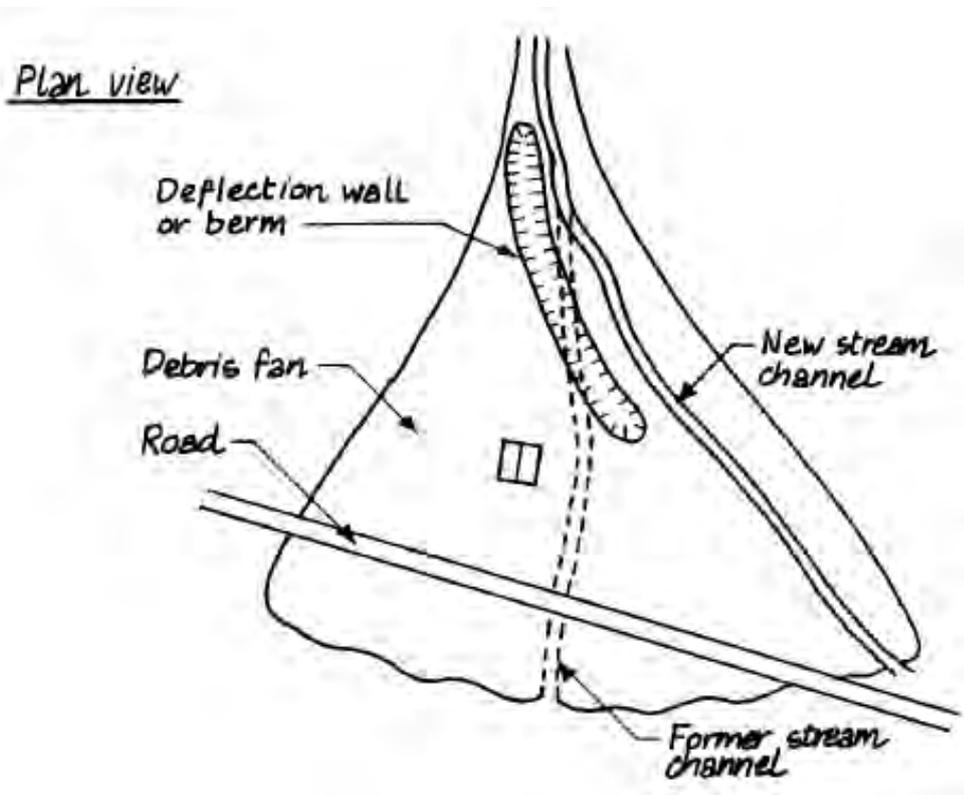
Oblique view (after Eisbacher and Claque, 1984)



Esquemas explicativos de la técnica de los muros laterales

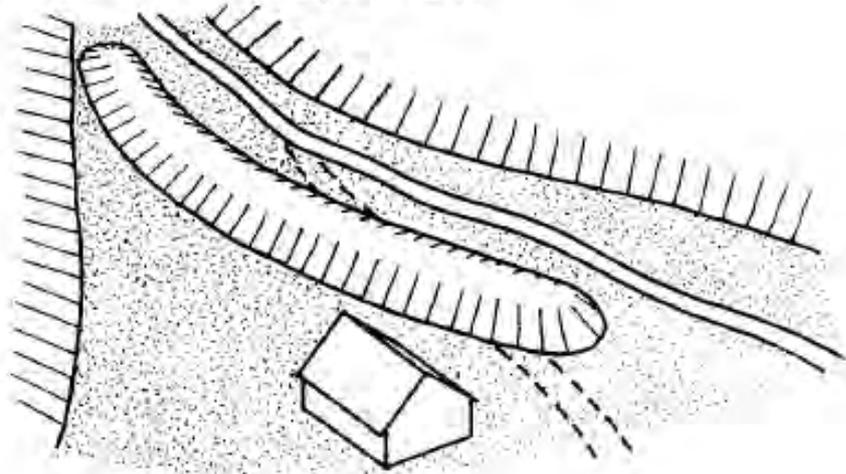
- Muros de desviación :

Son muros parecidos a los muros laterales, la única diferencia es que **estos muros aseguran que el flujo no sigue una dirección directa sino que cambiará de dirección**, en general es para proteger un grupo de viviendas, una obra importante o una carretera. Los muros están en general construidos en hormigón armado, la altura del muro debe ser mayor que la altura observada en los grandes eventos del pasado. También hay que asegurar que estos muros puedan resistir los impactos importantes de los escombros que lleva el flujo.



Esquema explicativo de la técnica de los muros de desviación

Oblique view  
(after Eisbacher and Claque. 1984)

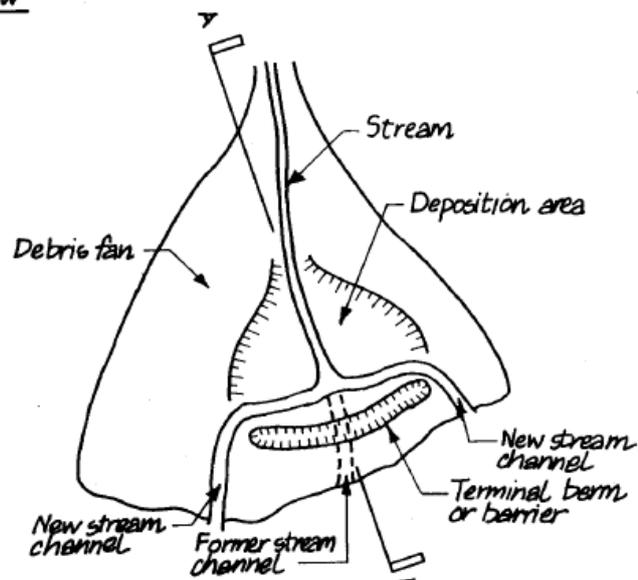


Esquema explicativo de la técnica de los muros de desviación

- Muros de limitación o de barrera:

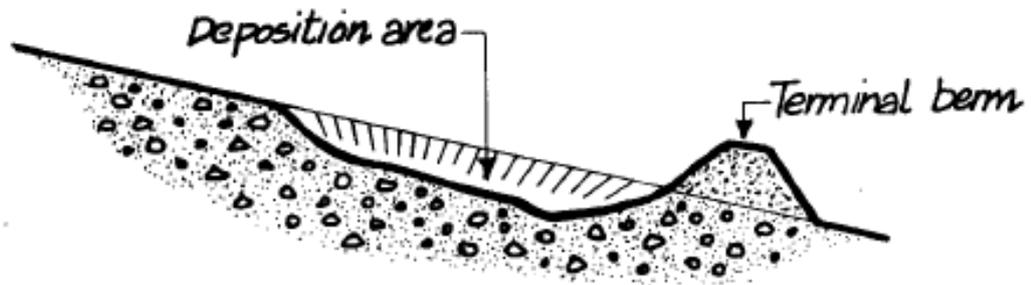
Estos muros sirven para **poner un límite y bloquear los flujos de escombros**, así como **guardar los escombros dentro una superficie de depósito**. También dejan el flujo de agua pasar por los lados con una velocidad mucho más baja que la que tenía en el principio, sin arrastrar escombros. Estos muros se construyen en hormigón armado para poder resistir los choques que pueden generar los escombros.

Plan view



Esquema explicativo de la técnica de los Muros de limitación o de barrera

### Sectional view A-A

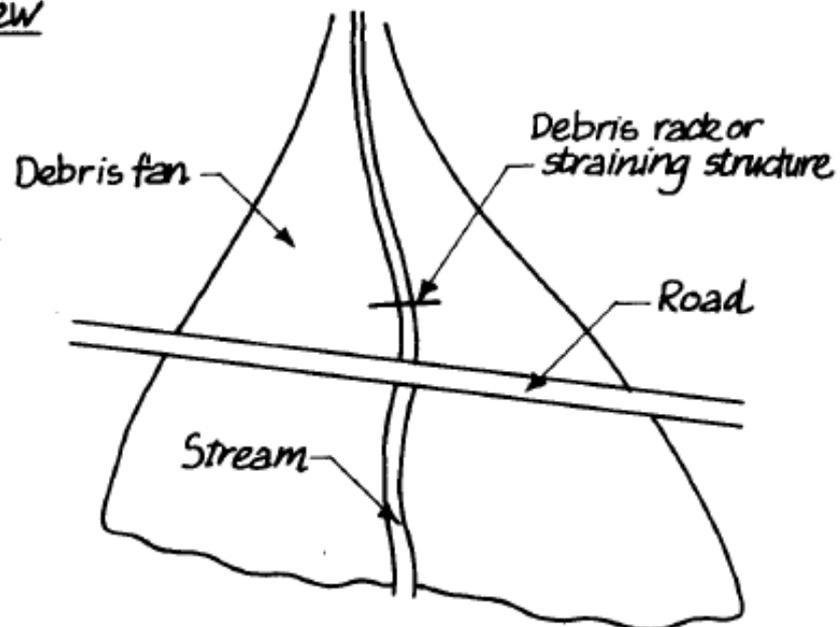


Sección de los Muros de limitación o de barrera

- Otras técnicas:

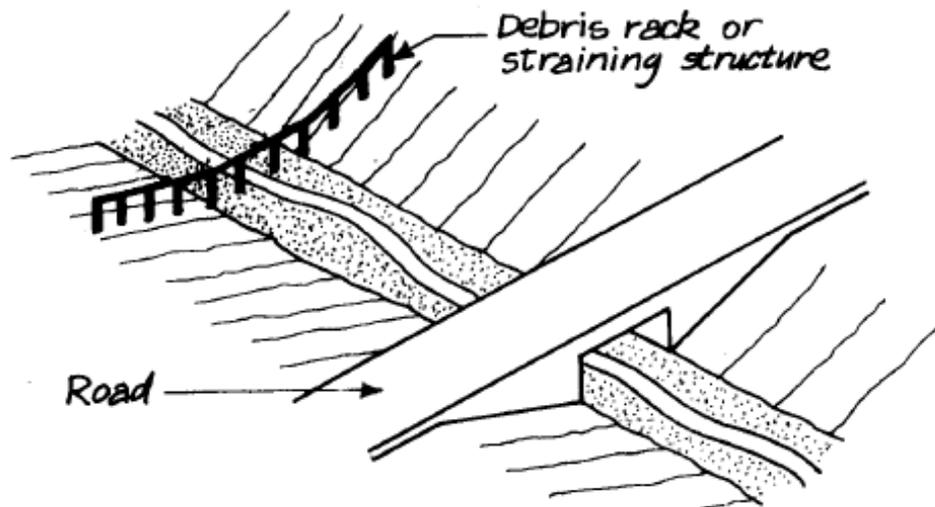
Podemos observar otras técnicas para luchar contra los flujos de escombros. Una técnica consiste en **separar los grandes escombros que lleva el flujo de los pequeños o finos elementos que lo componen**. Esta técnica trabaja como un filtro. Se llama en Ingles "Slit Dams".

### Plan view



Técnica del "Slit Dams"

Oblique view



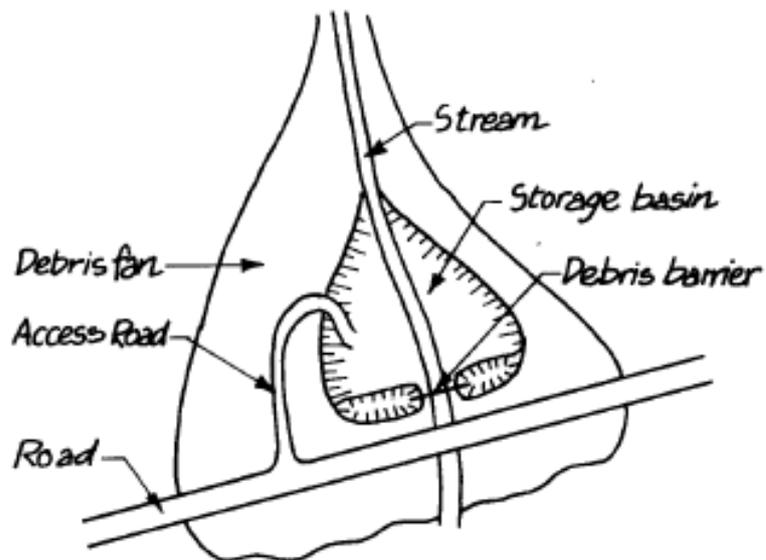
Técnica del "Slit Dams"

Hay otra técnica que mezcla las del muro de limitación así que otros dos:

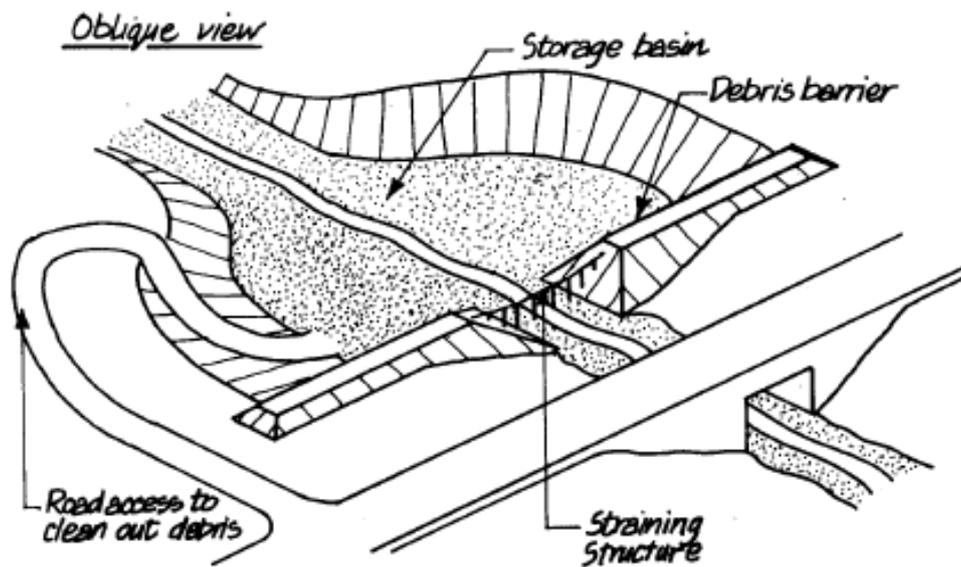
- Superficie de depósito
- "slit dams".

Esta última técnica permite almacenar los escombros que están **bloqueados por el muro límite y las barreras que filtran el flujo.**

Plan view



Técnica mixta



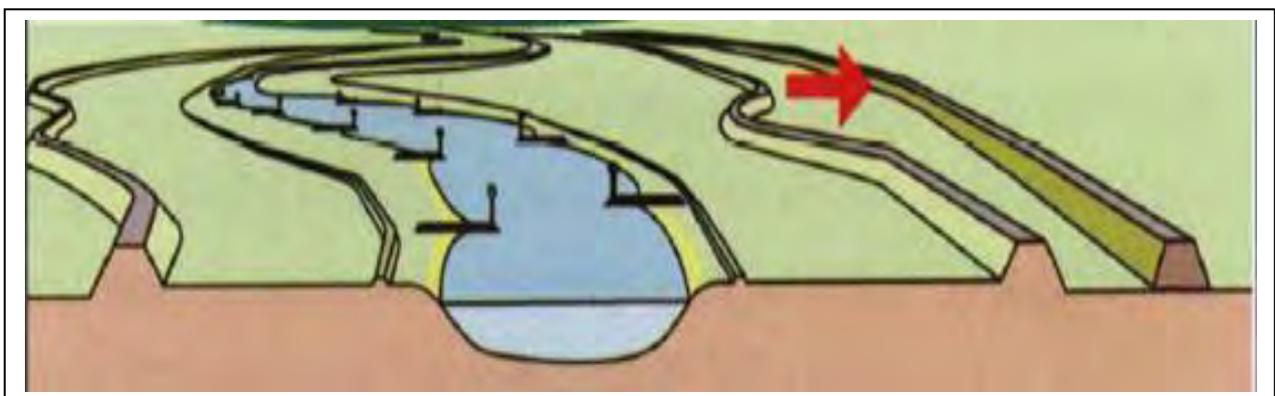
Técnica mixta

### 2.3.7.2. Medidas no estructurales: 329

Para las medidas no estructurales de prevención contra las inundaciones podemos citar:

- El desplazamiento de los diques :

En caso que los diques iniciales no sean suficientes, para asegurar una mejor protección contra las inundaciones se puede **desplazar la ubicación de los diques**.



- Sistema de Bypass:

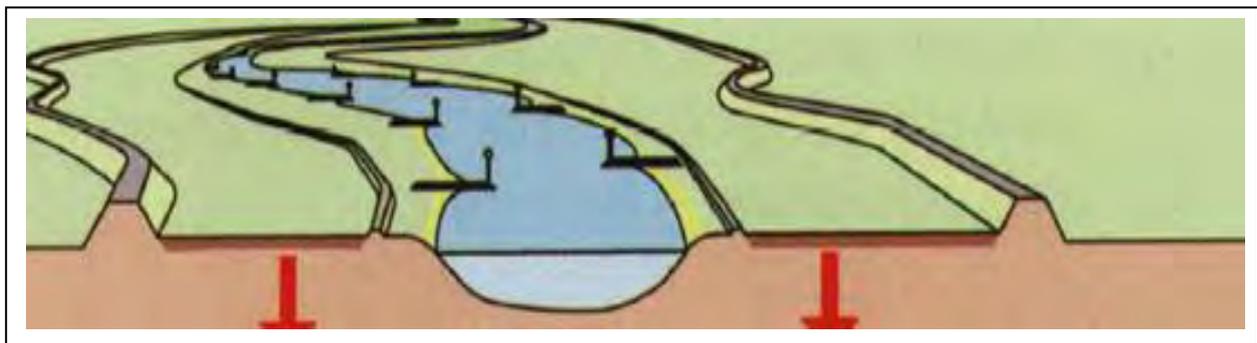
Es un sistema que se compone de un río que permite **retomar el exceso de flujo** para evitar una inundación. Este sistema se usa en el caso de un evento importante.



Esquema del Sistema de Bypass

- Técnicas de permeabilización del suelo:

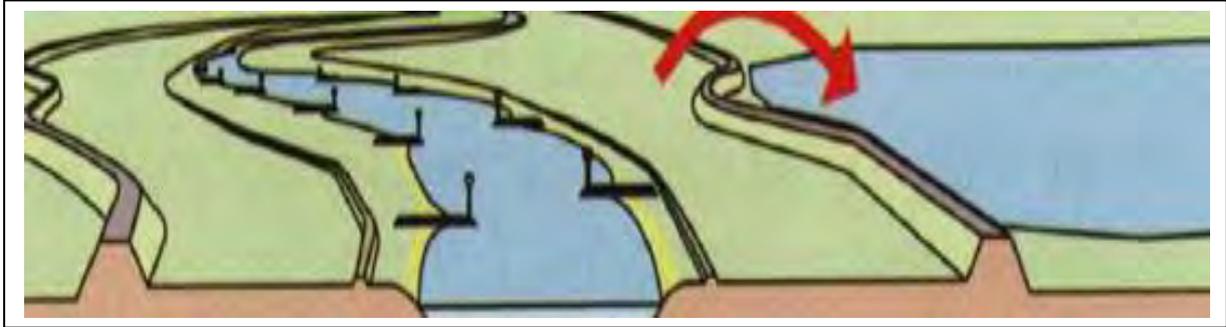
Este sistema permite que el agua **penetre dentro el suelo** hasta llegar a la tabla de agua.



Técnicas de permeabilización del suelo

- Zonas de detención:

Estas zonas permiten **retomar el exceso de flujo** para evitar inundaciones graves.



Técnicas de permeabilización del suelo

- Lucha contra la erosión:

Para **evitar las erosiones** se puede estabilizar el fondo del río y también los lados del lecho con materiales vegetales.



Foto : Archiexpo-Salon virtual de l'architecture

### 2.3.8- Concepción y construcción arquitectónica para la reducción del riesgo de inundaciones: 330

#### A- Grietas en los sótanos:

El agua se puede infiltrar en los sótanos de las casas alrededor de tuberías o a través de grietas en las paredes.

#### Solución:

- Usar técnicas a prueba de agua en las paredes
- Atenuar las presiones ejercidas por el agua gracias a drenajes en los pilares y bombas de sumidero.

#### Reparación:

- técnicas de impermeabilización por fuera y por dentro.

Los trabajos de impermeabilización están recomendados sólo si los problemas son de aguas subterráneas. Las aguas superficiales ejercen mucha más presión sobre los muros de la construcción hasta fracturarlos. Es recomendable también en caso de aguas superficiales instalar barreras y drenajes subterráneos.

#### B- Inundaciones en el sumidero

Las inundaciones en los sótanos causados por suelos saturados pueden ser evitadas, si se instala una zanja de drenaje alrededor de las fundaciones.

Este drenaje tomara las aguas subterráneas y las mandara al sumidero (desagüe).

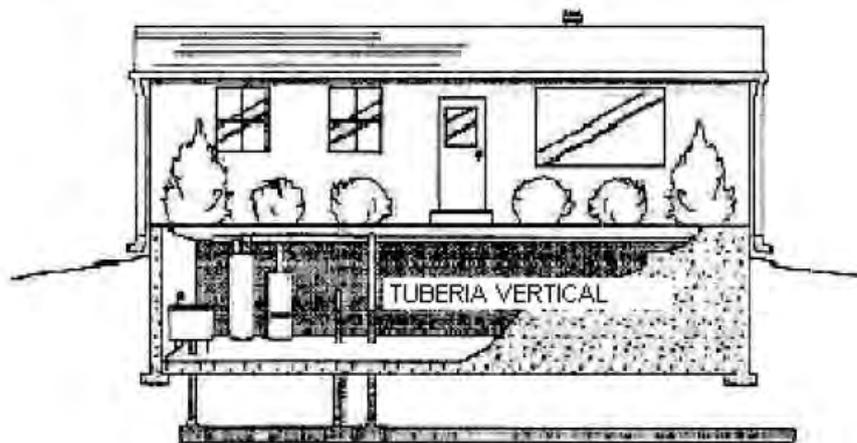
Al momento que el sumidero se llena, el agua será bombeada al exterior de la casa a un drenaje o una canaleta de drenaje superficial leja de la construcción. 330



### C- Reflujos en los sistemas de Alcantarilla:

Algunas casas tienen los bajantes y el drenaje de las fundaciones y la bomba del sumidero conectados a la línea de alcantarillado sanitario. En muchos casos las inundaciones en los sótanos son causadas por la interconexión de estos sistemas. Por estas razones, la interconexión entre estos sistemas está prohibida en las zonas de peligro. El agua limpia de las lluvias debe ser descargada lejos de las fundaciones a través de un drenaje, en la calle o en las atarjeas de aguas-lluvia. 330

### LOCALIZACION DE LAS TUBERÍAS VERTICALES



Las tuberías verticales son una alternativa económica a los tapones de drenajes de piso.



Tapones de piso del drenaje

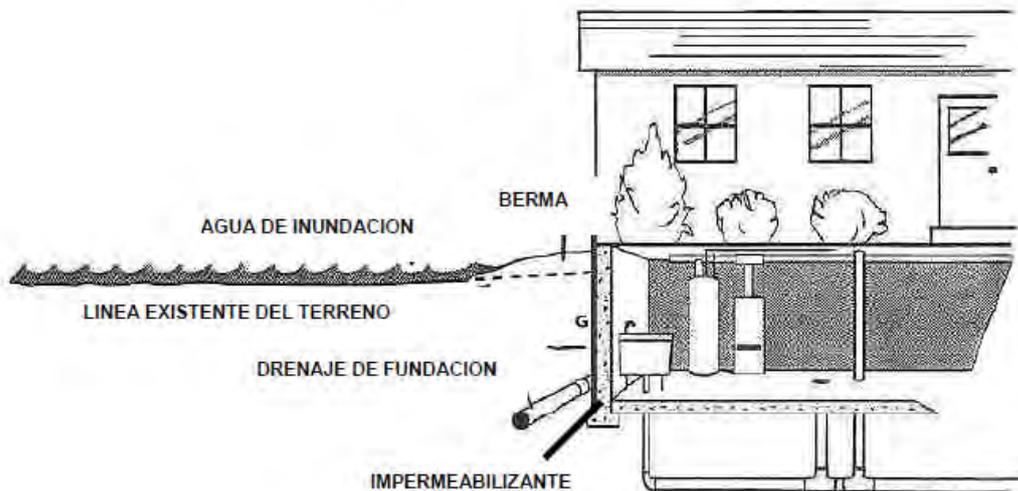
## D - Barreras: 330

Las barreras mantienen las aguas de inundación superficial a distancia antes de llegar hasta las construcciones. Podemos apuntar tres tipos de barreras:

- Grandes diques de contención en tierra
- Pequeñas barreras de tierra
- Barreras de cemento reforzado o acero anti-inundaciones

Estas barreras pueden rodear las construcciones. La mayoría de las barreras de tierra están hechas con materiales de relleno de la misma área. Su resistencia se debe a la masa y a los materiales de los que se componen. Cemento reforzado o paredes de acero se usan donde no hay mucho espacio para colocar una berma o un dique. Las paredes contra-inundaciones deben ser herméticas y perfectamente ancladas para poder soportar la presión hidrostática lateral. 330

### BERMA DE PROTECCIÓN PARA EL SÓTANO



#### E - La impermeabilización en seco: 330

Todas las áreas debajo del nivel de protección de la inundación deben de estar construidas herméticamente donde los muros y paredes se recubren con compuestos impermeables o recubrimientos de plástico, las puertas y ventanas y ventilaciones, se cierran permanentemente con escudos removibles o con sacos de arena. Sin olvidar que el sistema de protección contra reflujos debe ser también instalado.

La impermeabilización en seco es la técnica más apropiada para edificaciones posadas en losas de cemento sin sótanos. Para asegurar que la losa está herméticamente sellada y sana, se recomienda una inspección cuidadosa. Un sistema de drenaje superficial con una bomba de sumidero es necesario.

#### F-Elevaciones: 330

Una de las mejores formas de proteger una casa de inundaciones superficiales es de construirla 30 cm más alto que el nivel del mayor evento ocurrido en la zona durante los 100 últimos años. Esto funciona bien en áreas planas con aguas de lento nivel de inundación. El área debajo de este nivel de aguas sirve para que al agua fluya por debajo de la vivienda causando así menos daños.

#### G- Reubicación:

La manera más segura de proteger una construcción de las inundaciones es de construirla en un lugar de mayor elevación. Si la casa está sujeta a inundaciones deberíamos seriamente pensar a reubicarla fuera de la zona de inundación. Por esta razón, primero los gobiernos deban hacer una investigación seria para localizar las zonas de riesgos, y poner estas informaciones sobre mapas que deben estar a disposición de los profesionales. Es recomendable respetar los derechos de construcción en estas zonas y no construir en las zonas de alto riesgo.<sup>330</sup>

#### **2.3.9- Caso de estudio la ciudad de Hanói:**

La ciudad de Hanói ha conocido varios eventos de inundaciones, el primero que podemos recordar fue en 1923, el segundo fue en 1969, y hay otros que son más recientes como las inundaciones de 1971 y 1996, sin olvidar la del 31 octubre 2008.



La ciudad de Hanói durante las inundaciones de 1923 (fuente no conocida)



La ciudad de Hanói durante las inundaciones de 1923 (fuente no conocida)

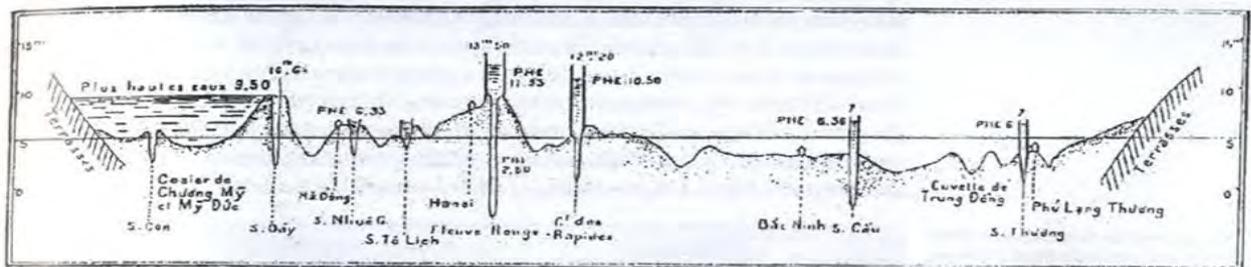
La zona del sur de Hanói es una zona inundable por lo siguiente:

-La ciudad de Hanói tiene una topografía en pendiente que empieza en el norte desde el oeste de la provincia de Thai Nguen con una altitud de 400 m hasta el sur de Hanói en la provincia de Hung Yen con una altitud de 4 m. **La topografía hace que el agua de la lluvia de las regiones del norte baje hacia al sur donde la concentración de lluvia es importante.**

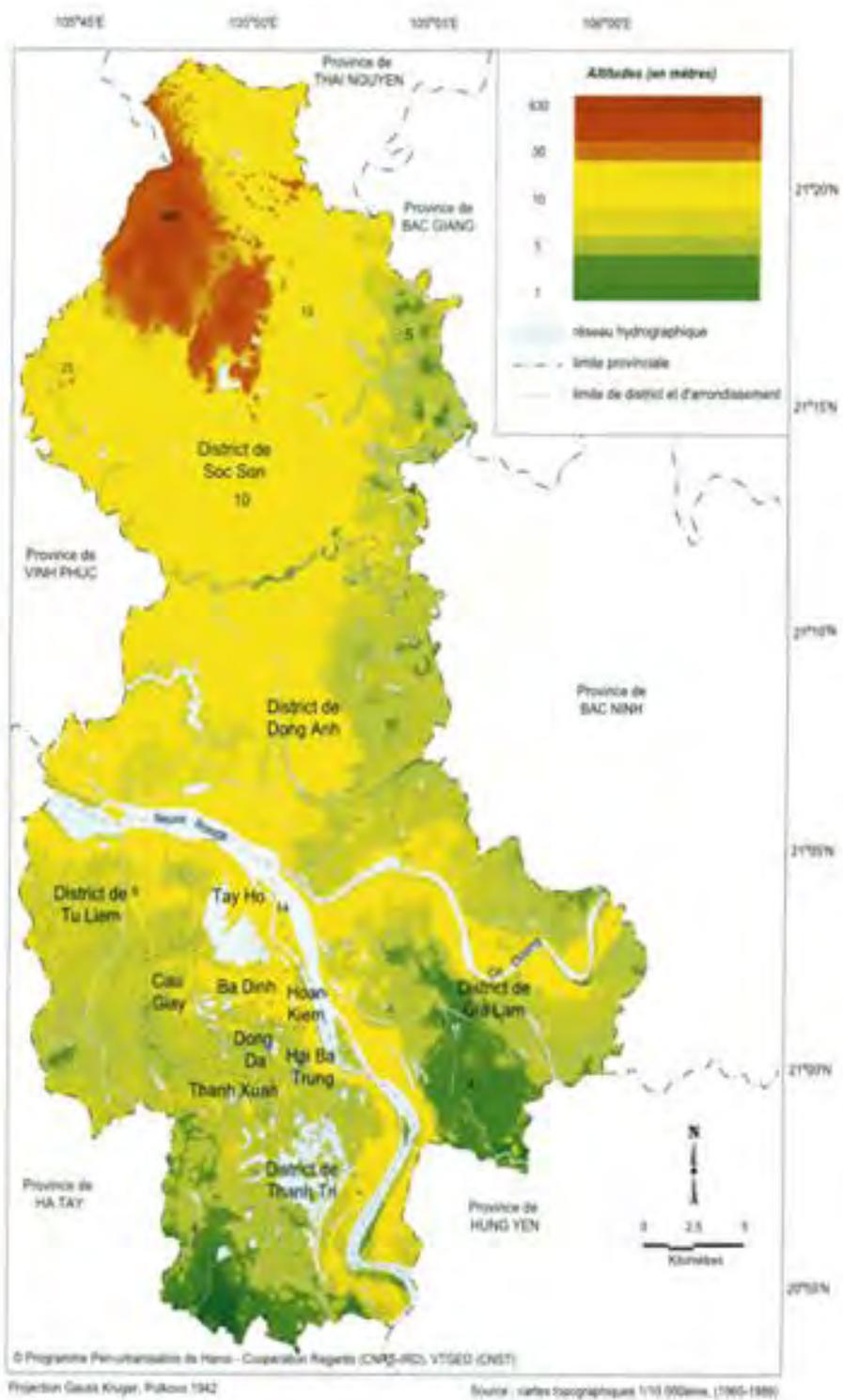
-La concentración de la lluvia es importante en esta región del sur de la ciudad.

Observación: Desde el mapa de pluviometría se puede ver que la gran cantidad de agua que es debida a la lluvia está localizada en el Norte con un índice de 1.5 y también en la parte central y del sur de Hanói.

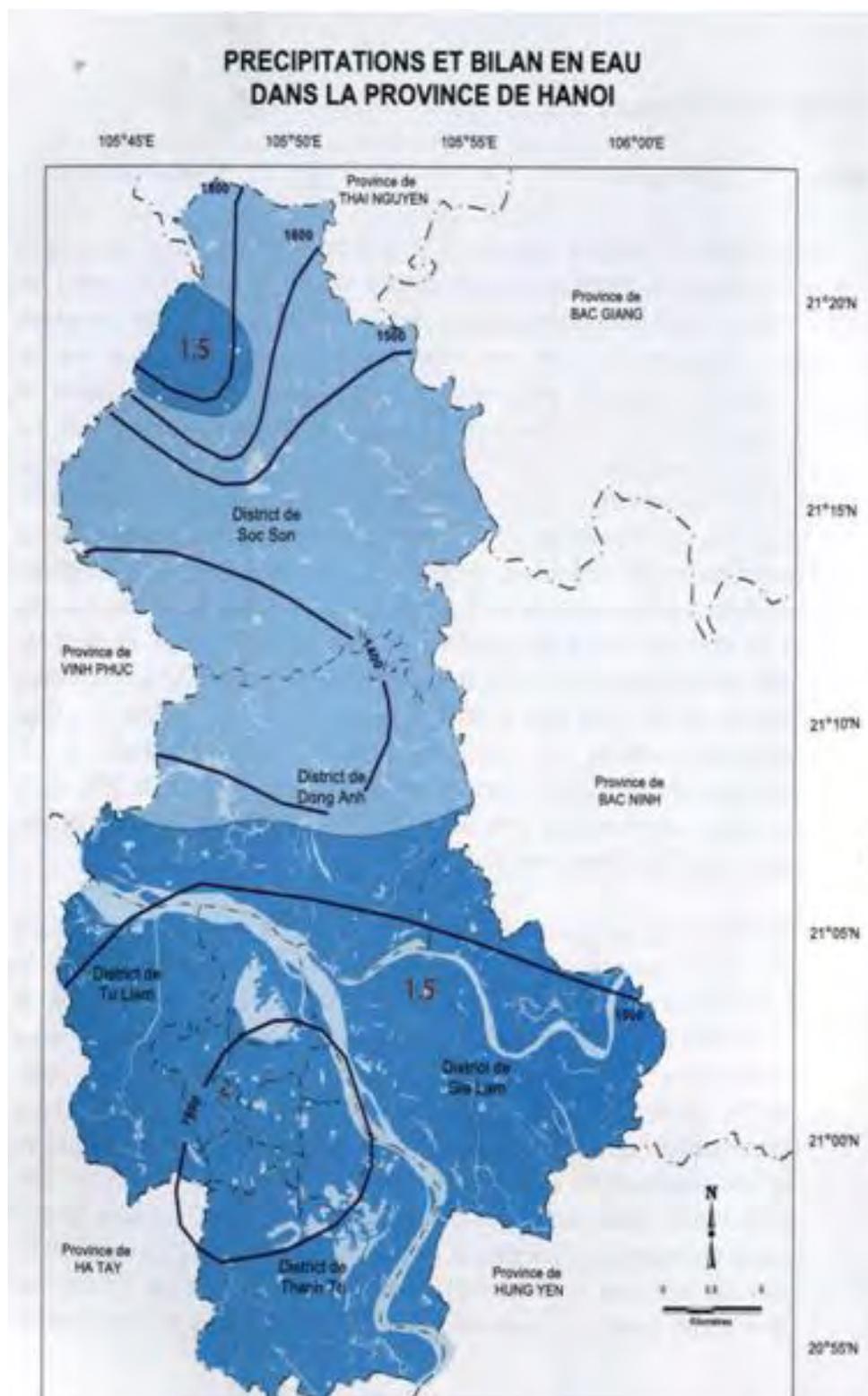
**La sección del delta del TonKing** que pasa por Ha Dong, Hanoi, Bac Ninh, Phu lang Thuong, tiene la parte Oeste del delta más alta que la parte este. Observamos también que **el río rojo está a mayor altitud que la ciudad de Hanoi** y otras ciudades como To Lich, Ha Dong. Por eso, en caso de que el río rojo se sature el agua puede inundar la ciudad de Hanoi, pero el más peligroso es el caso en que el río rojo y la cuenca de Chuong My y My Duc se saturen al mismo tiempo, eso puede generar una catástrofe a escala nacional, porque toda el agua inundará la zona a los dos lados.



Sección del delta del TonKing (fuente no conocida)

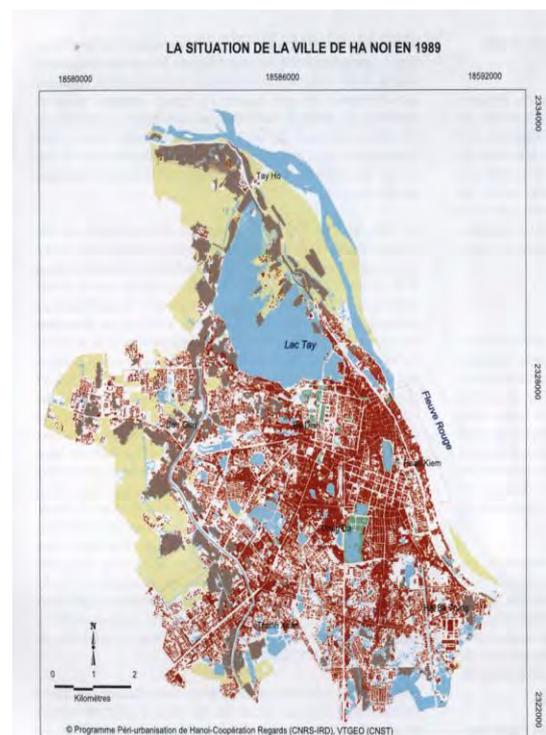
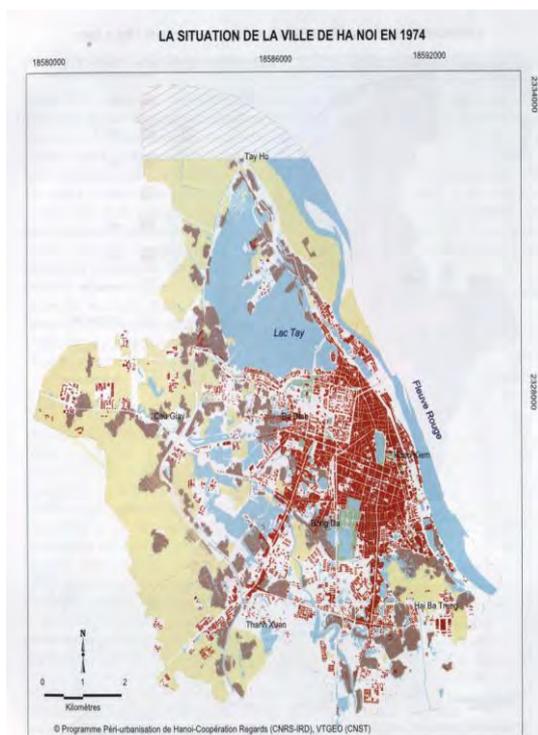


Topografía de la ciudad de Hanói (fuente no conocida)

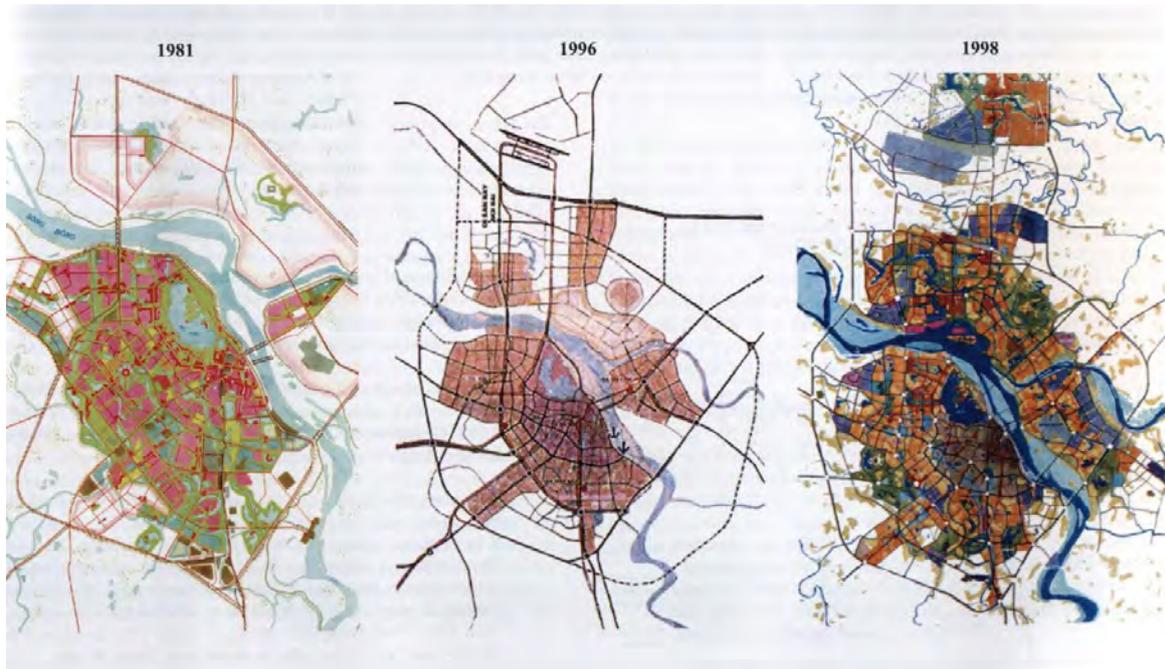


Precipitaciones en la ciudad de Hanói (fuente no conocida)

La ciudad de **Hanói** se desarrolló mucho al nivel urbano así que a nivel **demográfico**, la población en 1979 era de 788 000 personas en el centro de Hanói y llegó hasta 1 446 000 en 1999 y 2 178 000 personas en 2010, así que aumentó de 3.5% por año. Además hay un movimiento de población desde las zonas rurales hace el centro de la ciudad importante. Sin embargo, estos movimientos de población han hecho que el tejido urbano siga el mismo ritmo, y se vaya densificando, además las autoridades han tenido una política de suprimir los lagos (reservas de aguas) para rellenarlas de tierra, y transformarlas en superficie edificable. Esta política aumenta seriamente el riesgo de inundación.



Evolución de la ciudad de Hanói desde 1981 hasta 1998 (fuente no conocida)



Evolución de la ciudad de Hanói desde 1981 hasta 1998(fuente no conocida)

Después de una investigación in situ, hemos podido observar en la ciudad unos casos que están en situación de peligro de inundación:

- **Ubicación de unas avenidas importantes de la ciudad de Hanói al lado del río** y que pueden ser inundadas fácilmente. La distancia entre el dique y la avenida es muy pequeña. Para remediar esta situación, hay que proponer una superficie de seguridad entre el río y al avenida, que puede ser una zona de paseo o de turismo.



Ubicación de unas avenidas importantes de la ciudad de Hanói al lado del río



Ubicación de unas avenidas importantes de la ciudad de Hanói al lado del río

- **Ubicación de construcciones antiguas o en mal estado al lado del río** que pueden ser fácilmente destruidas en caso de una inundación. Lo que es recomendable es de derribar estas casa (dar nuevas casas en otras zonas protegidas, según las necesidades y el tamaño de cada familia) y transformar esta zona en una superficie de seguridad.



Ubicación de construcciones antiguas o en mal estado al lado del río

- **No hay mantenimiento de las tuberías de drenaje o de las canalizaciones** de evacuación de agua como lo muestra la foto siguiente. Es importante verificar su estado y limpiarlas de las suciedades que puedan bloquear el drenaje de agua. Además de eso, se puede observar en unos lugares una ausencia de alcantarillas.



No hay mantenimiento de las tuberías de drenaje

- **Ubicación de unas partes de la ciudad en zonas fuera de los diques.** Lo que quiere decir que no existe ninguna protección entre el río y las construcciones.



Ubicación de unas partes de la ciudad en zonas fuera de los diques



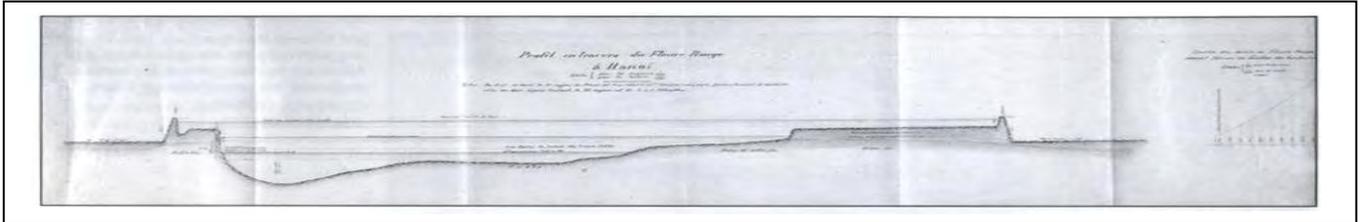
Ubicación de unas partes de la ciudad en zonas fuera de los diques

La foto siguiente muestra una **construcción nueva al borde del río Rojo**, en esta obra existe un riesgo muy alto de destrucción debido a inundaciones. Hay que saber que el río rojo puede llegar hasta 13 m de altura en los eventos importantes.



Una construcción nueva al borde del río Rojo

El ancho del río Rojo fuera de Hanói es de entre 2 y 5 Km, pero dentro la ciudad de Hanoi tiene un ancho máximo de 1.8Km. Lo que quiere decir que el nivel de agua aumentará dentro de la ciudad por falta de espacio así que por todas las aguas negras vertidas dentro el río. Lo que supone que la altura máxima del río no es de 13m sino superior.



Sección del río Rojo (fuente no conocida)

También hemos aprendido mucho de un país como Vietnam, como por ejemplo **poder vivir sobre el agua**. En Halong Bay, se pueden encontrar casas y mercados sobre el agua, así que una estación de gasolina, y una escuela, lo que demuestra claramente que vivir así es posible. Estas casas están hechas con materiales ligeros como la madera, sobre un sistema de barriles vacíos que ayuda a mantener la casa sobre el agua gracias al principio de Arquímedes.



Escuela para los niños de los pueblos de Halong Bay en Vietnam



Mercado en Halong Bay, Vietnam



Casas en Halong Bay, Vietnam



Casa en Halong Bay, Vietnam

### 3- Anatomie de la gestion des risques géologiques :

La gestion des risques est le processus systématique d'application des décisions administratives, ainsi que l'organisation, les qualifications opérationnelles, les capacités de mettre en place des politiques et des stratégies pour faire face aux risques et réduire le danger qui peut guetter les populations.

Cela peut impliquer toute sorte d'activités et de mesures, qu'elles soient structurelles ou non, afin de limiter l'impact sur la société et sur son économie, et enfin sur son environnement.

La gestion des risques géologiques peut être divisée en différentes catégories : 331

- La planification : c'est la mise en place des objectifs à atteindre par les acteurs de la gestion des risques et la définition des moyens à utiliser pour les atteindre.
- L'organisation : l'organisation passe par la définition des activités et des tâches à attribuer à chaque élément de l'organigramme, en attribuant des responsabilités pour l'achèvement du plan et pour une bonne coordination.
- La motivation :

Assurer le déploiement des différents acteurs de l'organisation par l'entretien psychologique et social pour une bonne réussite du plan.

- La régulation: il s'agit d'une bonne évaluation et un bon contrôle des activités, ainsi que la mise en place des mécanismes correctifs.

### **3.1- Les formes de gestion du risque :**

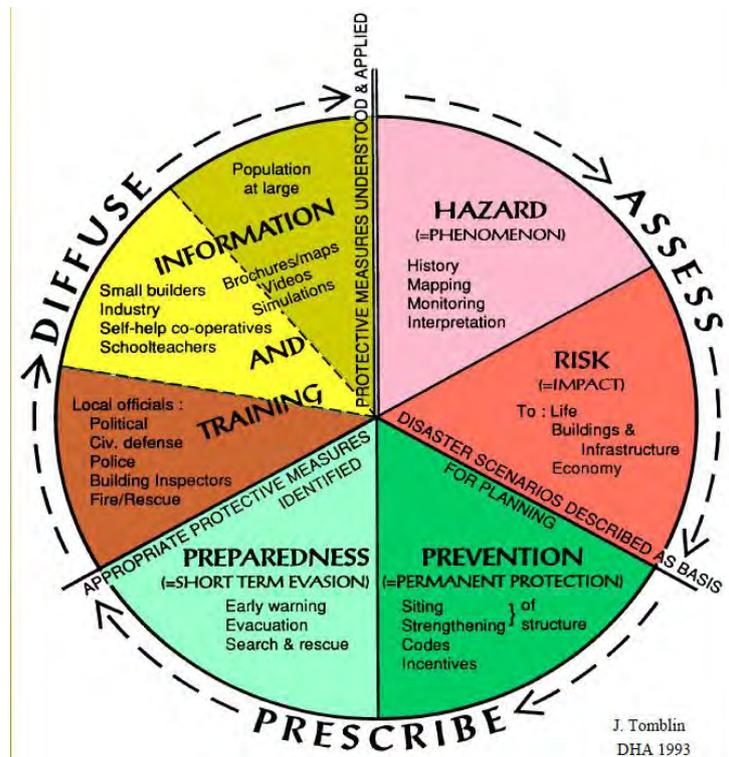
Ensuite vient le relationnel entre la gestion du risque et ses différentes formes dont : 332

- La perception du risque :
- Le contournement du risque : l'objective est de limiter la fréquence et l'ampleur de l'événement.
- La réduction du risque : est représenté par quelque action de minimiser l'impact de la catastrophe.
- Le transfert du risque : le but est de alléger le fardeau par le transfert d'une partie du risque à une tierce partie, par exemple les assurances.
- La préparation : se sont les mesures spécifiques prise pour un system d'alerte efficace, ainsi qu'une bonne prise de précautions et une intervention rapide.

### **3.2- le cycle de la gestion des risques :**

La gestion du risque passe par trois phases essentielles qui forment un cycle : 332

- Les données entrantes (Input): nous pouvons prendre comme exemple l'Aléa, la vulnérabilité, la démographie, l'économie et autre.
- La gestion : ce sont toutes les décisions à prendre au niveau de l'identification du risque, de sa réduction, de son contournement ou déviation et enfin de son contrôle.
- Les données sortantes (Output): celles-ci sont déterminées par des mesures de sécurité ainsi qu'une politique future d'un développement durable.



Cycle de la gestion des risques naturels 333

La gestion des risques passe aussi par trois étapes d'évolution. Le premier est **l'évaluation du risque** par l'étude du phénomène, et de son impact sur les infrastructures et les constructions, sans oublier l'économie de la région.

La deuxième phase est celle de **la prescription**, qui se développe sur deux axes, le premier est celui de la prévention dont la mise en place des mesures permanentes à long terme. Le deuxième axe est celui de **la préparation** qui consiste à mettre en place des mesures à court terme comme l'alerte, l'évacuation, les secours. Cette deuxième phase se conclue par l'identification des mesures protective appropriées.

La troisième phase consiste à **diffuser des nouvelles données et des nouvelles connaissances par la formation des professionnels** (ingénieurs, architectes, économistes, politiques..) et l'information par le moyen de brochures et de vidéos éducatives pour le simple citoyen et pour les enfants. Il est nécessaire aussi d'exercer les mesures protectives au moins une fois par an.

### 3.3- Evaluation de l'aléa par l'interaction des données :

Il est impératif de comprendre que durant la gestion des risques les éléments suivants sont liés les uns aux autres et la performance d'un élément dépend de la bonne évaluation ou du bon fonctionnement de l'autre.

1. Connaissance et étude du phénomène
2. Contrôle et surveillance du phénomène
3. Evaluation de l'Aléa
4. Evaluation du risque
5. Coordination entre les scientifiques et les différents corps du gouvernement (politique, sécurité civil, armée, police)
6. Minimisation du risque : prévention et préparation
  - ❖ Prévention : Planification et aménagement du territoire, ainsi que la formation et l'information.
  - ❖ Préparation : bureau de sécurité de la population
  - ❖ Minimisation des vulnérabilités : sociales, économiques, physiques.

Il résulte de la connaissance et de l'étude du phénomène une base de données et une multitude d'informations qui peuvent donner lieu à un scénario d'un futur événement. L'union de ces données avec les informations que les systèmes d'information modernes et satellitaires nous transmettent, engendre une très bonne évaluation de l'aléa du phénomène étudié.

Sachant que **le risque est en fonction de l'aléa et de la vulnérabilité**, il est indispensable de travailler sur la réduction et la minimisation du facteur « vulnérabilité ». Cette minimisation du risque dépend aussi de la mise en place de mesures préventives à long terme comme la mise en place des plans de risques ainsi que ceux de l'aménagement du territoire et enfin une planification et organisation en cas de crise ainsi que la formation des professionnels et l'information de la population. La préparation est aussi un élément de la minimisation du risque qui joue un rôle important pour la préparation d'un futur événement majeur.

**La communication entre les politiques et les scientifiques est souvent très difficile.** Car si les scientifiques lancent l'alerte d'un événement majeur sans spécifier le jour et l'heure où celui-ci devrait se produire, cela pousse les politiques à être retissant car cela induit la mobilisation de moyens importants ainsi que la paralysie de toute une région durant plusieurs jours engendrant une perte économique importante. Les politiques sont obsédés par les résultats financiers et économiques, et ils n'acceptent aucune

concession.

Il est de ce fait important de former les politiciens sur le thème de la gestion des risques pour une meilleure communication et compréhension entre les deux parties. Il est important que les politiciens comprennent qu'une catastrophe naturelle peut avoir des conséquences désastreuses sur l'économie de la région. Nous concluons qu'une bonne gestion du risque passe d'abord par une bonne communication entre les différents corps qui interviennent lors d'un événement.

### **3.4- La préparation et l'échelle temporaire dans la gestion des risques géologiques :**

La phase de préparation est une activité qui a pour objectif de minimiser les pertes humaines et les pertes matérielles. Elle organise d'une manière temporaire le déplacement de la population vers des zones sécurisées, et facilite les manoeuvres de secours et d'évacuation, ainsi que celles de réhabilitation et reconstruction. (Définition selon UN-DHA 1992).

La préparation pour la gestion des risques peut être développée à un niveau gouvernemental mais aussi à un niveau communautaire. Il est très recommandé de développer cette stratégie en consultant les deux parties.

#### **3.4.1- Type d'aléas naturels :**

On peut reconnaître deux types de d'aléa naturel. On a le type qui se déclenche rapidement avec des précurseurs non reconnaissables comme pour les séismes, certaines éruptions volcaniques, crues rapides. Le deuxième type, ce sont les aléas qui permettent de lancer à temps une alerte, soit parce que elles se déclenchent lentement, soit parce que la science a des outils suffisamment puissants pour détecter la proximité de l'événement, comme les ouragans, certaines autres éruptions volcaniques, les glissements de terrain, les inondations et la sécheresse.

Les deux types d'aléa nécessitent les actions suivantes :

- Réponse immédiate : lors d'une situation de crise qui demande des mesures rapides et efficaces à appliquer dans le cadre d'une évacuation ou de secours de la population.
- Réponse en phase : lors d'un développement progressif du danger, nous pouvons mettre en place les mesures nécessaires pour éviter une catastrophe d'une manière progressive, et de pouvoir donner l'alerte suffisamment à l'avance afin de permettre une évacuation de la population quelques heures avant que l'événement majeur ne se produise.

### 3.4.2- Planification de la préparation :

La préparation demande aussi une planification structurée pour être efficace lors d'une crise. Cette planification doit s'appuyer sur certains éléments de base : 334

- Identification des zones de l'aléa
- Recensement de la population (jour, nuit, jour de travail, jour férié) ainsi qu'un inventaire des biens.
- Identification des points de transit sécurisés et des zones de refuge.
- Identification des routes sécurisées pour l'évacuation.
- Contrôle des moyens de transport et du trafic.
- Planification de logement d'urgence dans des zones sécurisées pour une durée maximum de 6 mois qui suivent l'événement.
- Organisation des Secours et des premières aides
- Assurer le bon fonctionnement des hôpitaux.
- Garantir la sécurité de la population dans les zones de refuge.

La planification de la phase de préparation dans la gestion des risques doit être revue fréquemment, en moyenne une fois tous les 2 ans. Ces changements peuvent être dus aux conséquences suivantes :

- Les évolutions technologiques, et des connaissances des phénomènes naturels peuvent changer un jugement ou une approche par rapport à une zone de risque.
- Les changements dans les structures routières, dans les réseaux de communication et autres infrastructures techniques, qui peuvent influencer les procédures d'évacuation et d'intervention en cas d'évènements majeurs.
- Les changements dans les administrations gouvernementales et locales.

Les technologies de détection satellitaire sont très utiles dans la planification de la phase de préparation, surtout que cette technologie peut nous permettre de localiser les surfaces de refuge, comme on peut le voir sur les photos suivantes. Sans oublier que cet outil peut nous permettre de localiser aussi les routes sécurisées pour l'évacuation de la population.



Zone de refuge avant le séisme de Boumerdes 2003



Zone de refuge après le séisme de Boumerdes 2003 (335)

Nous pouvons voir clairement que grâce à l’outil satellitaire, nous avons pu détecter des terrains vagues dont un stade de football. Ces espaces ont servi comme espace de construction temporaire d’urgence ou de camps de sinistrés.

### **3.5- Le GIS ( Geographical Information System) comme outil dans la gestion des risques géologiques :**

Afin d’étudier l’importance du GIS nous pouvons prendre comme exemple le cas du projet UNOSAT, projet crée en 2001 et exécuté par UNOPS (United Nations Office for a Project Services) et UNITAR (United Nations Institute for a Training and Research). Ce projet est utilisé par les Nations Unies et parrainé par l’Agence Spatiale Européenne (ESA) ainsi que le CERN (Centre d’Etudes et de Recherche Nucléaire) et enfin le CNES (Centre National Etudes Spatial).

Ce projet a pris naissance pour répondre aux besoins des Nations Unies ainsi que des ONG et des autorités locales. La mise en place de celui-là a aidé les pays démunis de cette technologie et qui vivent d’une manière permanente le risque naturel, d’avoir accès aux multiples avantages de cet outil. L’installation de ce projet est due aussi à l’augmentation de l’intérêt dans le domaine humanitaire et du développement des communautés. Cette nouvelle technologie nous permet aussi d’obtenir des données rapides et indispensables en cas de crise en forme d’imagerie qui permettent une meilleure gestion de l’évènement et une efficacité de l’intervention.

#### **3.5.1- La cartographie dans la gestion des risques :**

L’imagerie satellitaire nous permet d’obtenir des supports de travail, comme la cartographie et les bases de données, afin de mieux gérer la crise.

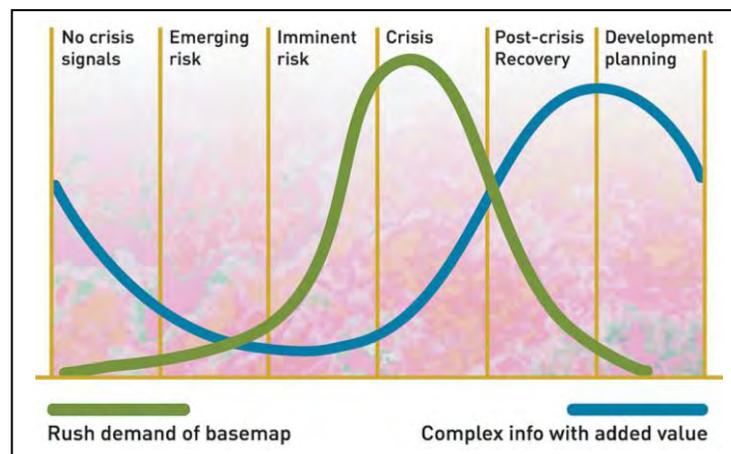
On peut définir les apports de cette technologie comme suite : 336

- Une bonne formulation du projet.
- Acquisition et sélection des imageries satellite
- Production des cartographiques.
- Production thématique (détection des changements, évaluation des risques naturels, ..)
- Service de mise en carte ou de production cartographique rapide (cas de crise)
- Développement de projet.
- Création d’une base de données riche, et personnaliser le développement de l’interface web.
- Amélioration de la qualité des constructions et de leurs implantations dans le site.
- Assistance technique sur le terrain, par le web, et dans les différents établissements concernés.

### 3.5.2- La télédétection :

La télédétection nous a apporté beaucoup d'avantages dans l'étude des risques naturels et dans le domaine du développement, nous pouvons citer quelques uns de ces avantages : 337

- La flexibilité de l'échelle, et la possibilité d'étudier et d'analyser n'importe quelle taille de projet, allant d'une parcelle de terrain à une région toute entière.
- Cycle régulier de détection, les sondes ont un temps de répétition de quelques semaines. Cela est très recommandé dans l'analyse et l'étude des changements climatiques.
- Les détails spectraux, les multiples canaux spectraux permettent de distinguer les différentes propriétés des matériaux, comme les différentes manières d'utilisation des terres ainsi que les différents matériaux géologiques.
- Une acquisition des données rapide. Grâce à la télédétection, il est facile de rassembler des données numériques des différents types de surfaces couvrant des milliers de kilomètres carrés. Ce qui permet d'éviter ou d'amoindrir le syndrome de manque d'informations cartographiques lors de la crise, telle qu'il est décrit dans le graphique suivant.



Model de réaction pour les besoins d'imagerie satellitaire dans le domaine humanitaire et du développement (338)

- Une bonne capacité de photographie en relief (3D)
- Absence des entrave politiques et physiques, cette outil est idéal pour l'usage dans des zones difficiles d'accès ou politiquement risquées.

### 3.5.3- La thermographie appliquée à la télédétection :

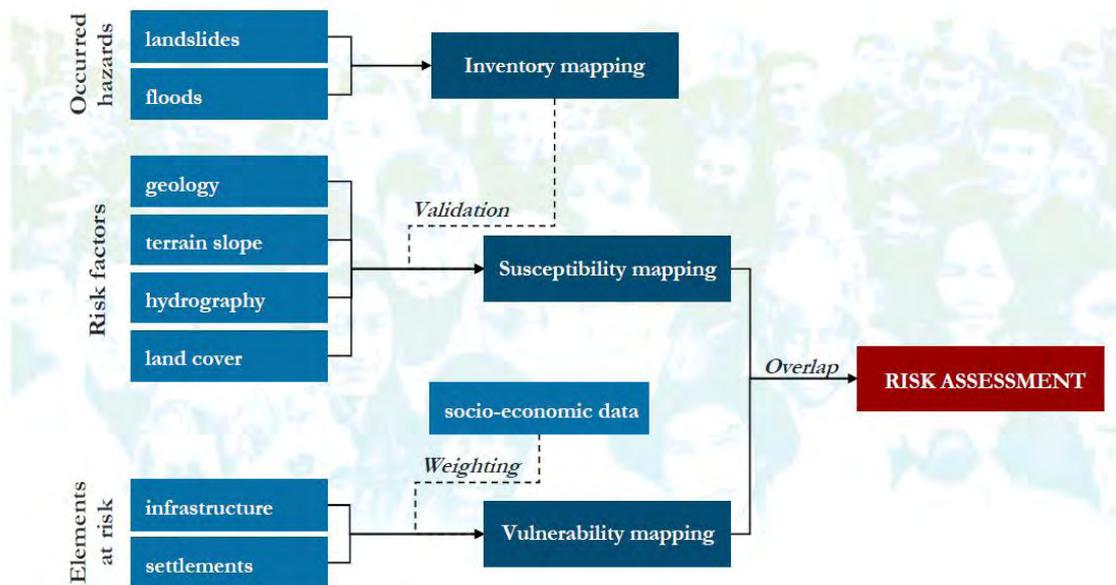
La thermographie infrarouge est un outil de diagnostic puissant et précis, permettant de détecter des informations invisibles à l'œil nu, sans contact ni influence sur l'objet analysé. Elle permet de détecter des variations thermiques et de visualiser des défauts qui peuvent être masqués.

Elle permet ainsi de contrôler l'état des édifices avant un événement ou après, et de cibler les actions d'amélioration prioritaire, ou des actions à entreprendre pour réduire l'impacte de la catastrophe.

Nous pouvons utiliser la thermographie pour contrôler l'état des ouvrages et des édifices. Elle est aussi utilisée pour la détection des incendies. Ainsi que la présence de vie humaine à sauver dans des décombres.

La thermographie vient compléter la technique de la télédétection. Les éléments que nous ne pouvons pas observer par télédétection, nous sont complétés.

#### From hazard mapping to risk assessment



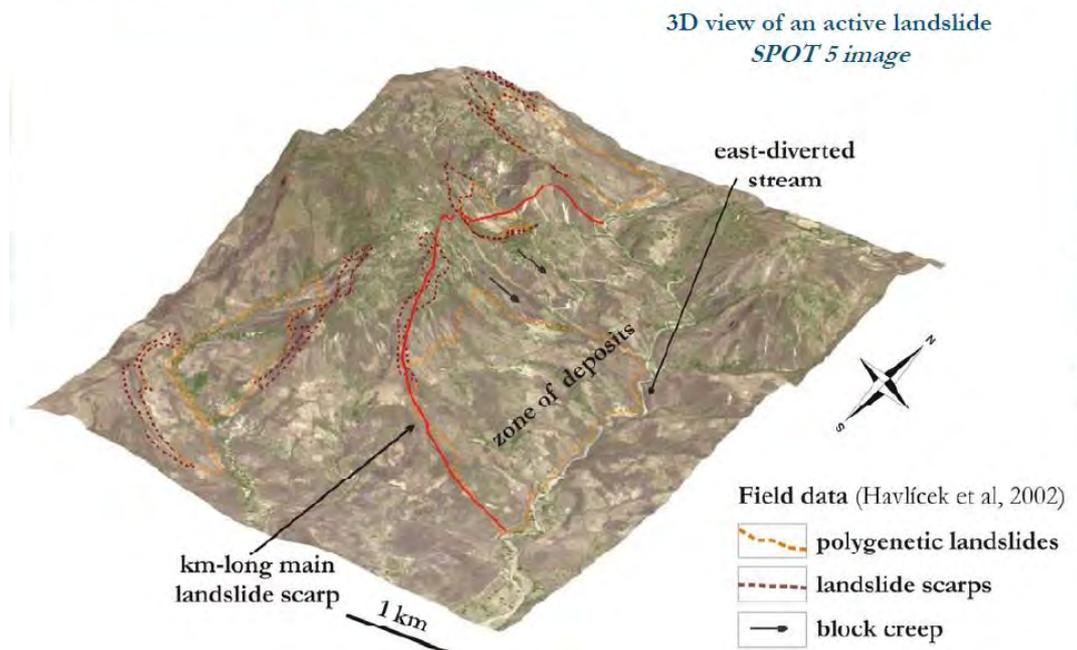
### 3.5.4- Les modèles des cartes GIS :

La technologie du GIS a révolutionné le monde de la prévention et de la gestion des risques naturels, grâce aux multitudes d'informations transmises par satellite en temps réel, il nous est possible de développer différents types de cartes. Comme le diagramme ci-dessus le montre, grâce au GIS nous pouvons concevoir 3 modèles de cartes :

- ❖ Le premier modèle concerne la carte d'inventaire des événements qui se sont déroulés ou bien des événements futurs.
- ❖ Le deuxième modèle, constitue une carte des facteurs de risque comme la géologie, l'hydrographie, les pentes des terrains et autres.
- ❖ Le troisième modèle constitue la carte de vulnérabilité qui détermine les éléments à risque dont les infrastructures et le bâti. Afin de compléter cette carte il est indispensable d'y additionner les données socioéconomiques.

Les deux premiers modèles peuvent être regroupés afin de générer une carte de l'aléa. La superposition ou la stratification de la carte de l'aléa et la carte de vulnérabilité donne naissance à ce que l'on peut appeler une carte de risque ou de l'évaluation du risque.

#### Inventory mapping – 3D simulation for detecting large landslides



Vue 3D d'un glissement de terrain active avec le model SPOT5 image 340

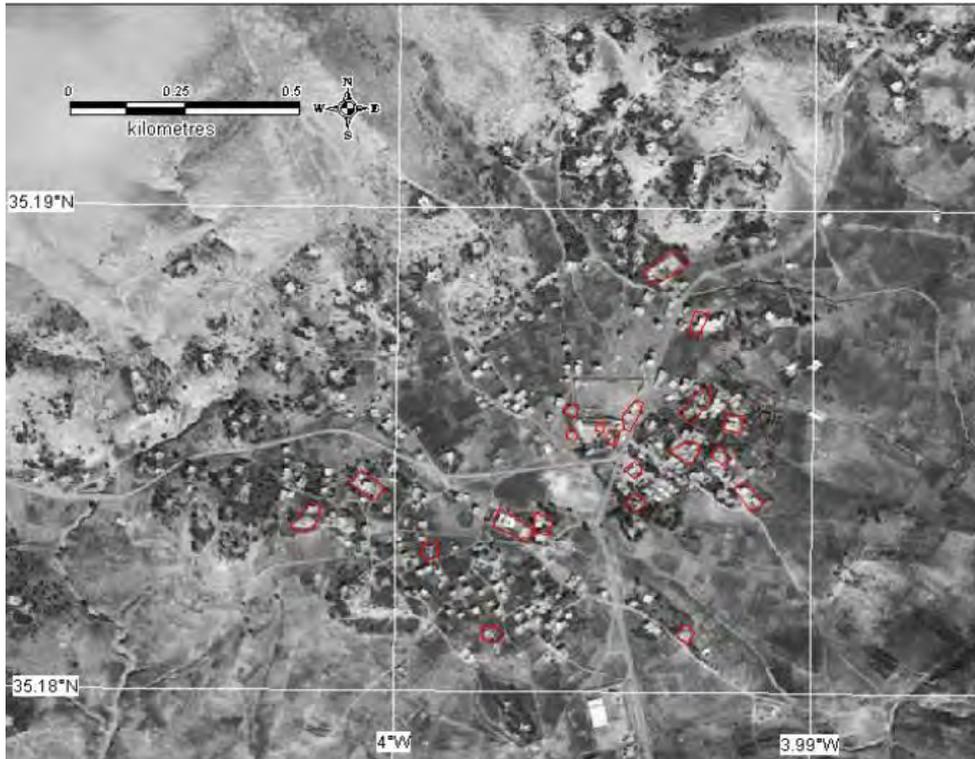


image post catastrophe - séisme au village Izmoren au Maroc 2004 340



Inondations à Gonaïves en Haïti due à l'ouragan Jeanne (Avant/Après) 340



Inondations en Allemagne 2002 près de Dessau 340

### **3.6- Les mesures additionnelles dans la gestion des risques :**

Des mesures additionnelles qui viennent s'ajouter à celles qui sont énumérées précédemment, qui peuvent jouer un rôle important dans la réduction de l'impact d'une catastrophe qui touche une ville entière, ou une région reculée difficilement accessible.

#### **3.6.1- La réponse des villes limitrophes :**

La réponse des villes limitrophes peut avoir un rôle important dans la gestion d'une crise qui touche toute une ville, où les structures de gestion de crise elles même sont touchées ou détruites, et que la ville se retrouve totalement démunie de sa stratégie d'intervention et d'évacuation.

Il est important de prévoir des plans d'interventions de structures et d'équipes qui proviennent d'une autre ville ou province, qui puissent reprendre le relais. C'est pour cela qu'une coordination des différents corps d'intervention des villes limitrophes doit être installée, afin de s'organiser entre elles, en partageant les différentes stratégies

mises en place par chaque partie, et la construction des plans de gestion de crise communs, et de les exercer au moins une fois par an.

Cette idée, prétend d'éviter que l'intervention soit désorganisée, ainsi quelle peut épargner une perte de temps importante à réfléchir sur des stratégies de gestion d'une crise. Cette modalité permet aussi un échange important d'expérience et de modes de travail entre les différentes villes.

### **3.6.2- les radios amateur :**

L'installation de réseau national de radio amateur dans des zones à risque ou qui sont susceptibles d'être isolé en cas de catastrophe, peut s'avérer très utile dans la gestion des crises, car cela nous permet de recevoir des informations sur les besoins des populations isolée et l'état des lieux de cette zone. Cela à une importance considérable dans les zones où les moyens de communication n'existent pas ou sont en mauvaise état.

Cette idée d'utilisation des radios amateur dans la gestion des risques est très peu utilisée. Il est intéressant de commencer à réfléchir sur cette option qui peut aider dans le cadre du recensement, et de l'analyse de la situation de crise, afin que les interventions puissent être efficaces.

Un réseau de radio amateur peut être mis en place, formé de manière à connaître les besoins des corps consternés lors des crises. De ce fait, il est aussi important de former des personnes dans les villages isolés et dans les zones à risque sur l'utilisation de cet outil.

Les radios amateur peuvent fournir les informations suivantes :

- Le nombre de blessés et leur état, ainsi que le nombre de victimes à déplorer.
- L'état des lieux : nombre de constructions touchées, le niveau de démolition, incendie, glissement de terrain, et autres.
- Les besoins en eau, alimentation, hygiène, en logement temporaire, en soin médical physique et psychique.
- Les besoins en matériel dans le cadre de l'intervention et mission de sauvetage des rescapés.
- Les informations utiles pour une bonne coordination pour une intervention efficace et rapide : routes coupées par des glissements de terrain ou chute de pierre, routes détruites par un séisme ou bloqués par les inondations, ....etc.

### 3.7- La formation et l'information dans la gestion des risques :

Ce point est à la fois une nécessité pour la prévention des catastrophes naturelles, mais aussi il fait partie de la gestion des risques comme un élément important dans la phase de la diffusion. Après un événement important, il est nécessaire de remettre en cause notre stratégie de gestion des risques, et tirer les leçons sur les points positifs et négatifs. Durant la phase de diffusion, il est important de formuler ces points en forme de formation pour les professionnels afin de remédier aux difficultés connues ou à améliorer les points positifs.

Ces formations doivent être proposées aux ingénieurs, architectes, administrateurs, médecins, Pompiers, policiers, militaires et autres. La formation peut se focaliser aussi sur la remise à niveau des ingénieurs, des architectes et enfin des urbanistes. Ces trois corps ont un rôle primordial dans la prévention de futures catastrophes. Leur formation et remise à niveau sera essentiellement sur le thème de la construction : antisismique et anti inondation, sur le thème de la lutte contre les glissements de terrain, et autre types d'ingénierie en relation avec les risques géologiques. Il est important de savoir que cette mise à niveau est due aussi au fait que dans les écoles d'architecture ces enseignements sont souvent très négligés.

Pour ce qui concerne l'information, il est important de produire des brochures et des vidéos pour la sensibilisation de la population aux risques. Ces outils doivent être disponibles dans toutes les administrations et bibliothèques, afin que le citoyen puisse les avoir à portée de main. Ces mêmes outils doivent être distribués dans les écoles, et parfois intégrés dans le programme scolaire, afin d'éduquer les enfants sur les reflexes et les attitudes à avoir en présence d'un événement majeur.

En Californie Mme Helen R. DuBois-Smith, du « Federal Emergency Management Agency » (FEMA) expose les deux formations pour enfant :

- A l'école élémentaire, avec une information que les enfants répercutent ensuite chez eux.
- Dans le secondaire ou ils se transforment en « détective » des séismes, tout en apprenant à fixer le réservoir d'eau chaude, à installer des flexibles.

D'après elle, de très nombreuses brochures, des affiches sont réalisées dans tous les pays à forte sismicité, le plus souvent sous forme de bandes dessinées.

Au Japon, d'après Tomomitsu Fujii, directeur du « Earthquake Disaster Counter Measures Division, Disaster Prevention Bureau » au « National Land Agency », un budget important est mis à leur disposition pour la diffusion des conseils et la réalisation des cassettes vidéo qui seront prêtées aux municipalités les demandant.

Un projet de « médecins du monde » prend l'initiative d'aller vers la population par le moyen d'un support mobile type « bibliobus ». Ce projet est de l'ordre de 17 500 CHF, entre l'achat du véhicule et son équipement, en sachant que le personnel est une équipe de jeunes volontaires.

### 3.8 - Prise en charge des sinistrés et le relogement d'urgence:

L'une des plus essentielles des prises en charges des sinistrés est celle du relogement. **Il est impératif dans une bonne gestion des crises de mettre tout les moyens possibles pour un relogement des sinistrés sous un toit digne, qui leur permet de faire les premiers pas pour retrouver une vie plus ou moins normale.** Mettre les personnes dans des camps de sinistrés sous tentes où l'intimité est quasi absente, l'hygiène y est difficile à entretenir, sans oublier que les conditions climatiques qui souvent n'aident pas (climat froid, climat chaud..).

#### 3.8.1- Le relogement après le séisme de Boumerdes (Alger) :

Après le séisme de Boumerdes en Mai 2003, nous avons visité un camp de sinistré, où nous avons observé une situation tragique, une qualité de vie très mauvaise, une hygiène absente, une alimentation en eau potable très limitée, une sécurité probablement assurée par les citoyens (les hommes).



Camps de sinistrés à Boumerdes, Alger



Camps de sinistrés à Boumerdes, Alger



Toilette dans un camps de sinistrés à Boumerdes, Alger



Camps de sinistrés à Boumerdes

Nous avons aussi visité des camps de sinistrés qui ont été installés quelques mois après le séisme, qui étaient beaucoup plus convenable que la première situation, par contre nous constatons que ces camps de « Chalet » sont de nos jours des taudis, sachant que les chalets avaient pour but de loger temporairement les sinistrés.



Camps de sinistrés à El Harrach, Alger



Camps de sinistrés à El Harrach, Alger



Toilette dans un camps de sinistrés à El Harrach, Alger



Camps de sinistrés à El Harrach

### **3.8.2- Etude de projets de construction temporaire :**

Nous allons présenter quelques projets de constructions temporaires connus réalisés par des architectes comme Fuller, Shigeru Ban, Warren Chalk du groupe Archigram, Noriaki Kurokaewa, et autres. Ces projets peuvent nous donner des idées sur la manière avec laquelle on peut concevoir des projets temporaires dans le cadre du relogement.

#### **A. La maison en ellipse :**

Le projet de la maison en ellipse est un projet d'habitat économique et à budget réduit conçue par Eileen Gray en 1936. Elle a été conçue pour être installée dans les camps de vacances, ou comme habitat provisoire pour les sans abris. Cette maison est construite en béton armé préfabriqué, et son isolation est assurée par du plâtre et de la fibre de verre. Ce projet est sous forme de modules qui peuvent être assemblés selon les besoins. Vu que ces derniers ont une dimension de  $2.5m \times (3m, \text{ ou } 3.5m) \times 3m$  ils sont facilement transportables. <sup>341</sup>

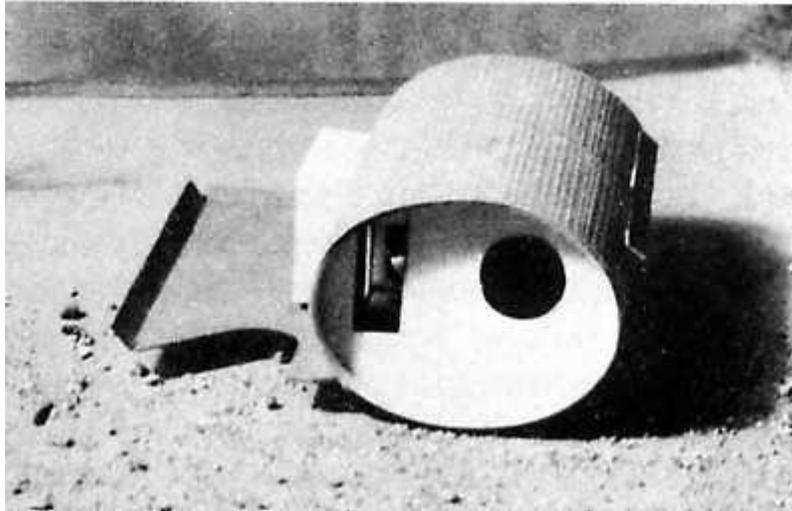


Photo du projet 341

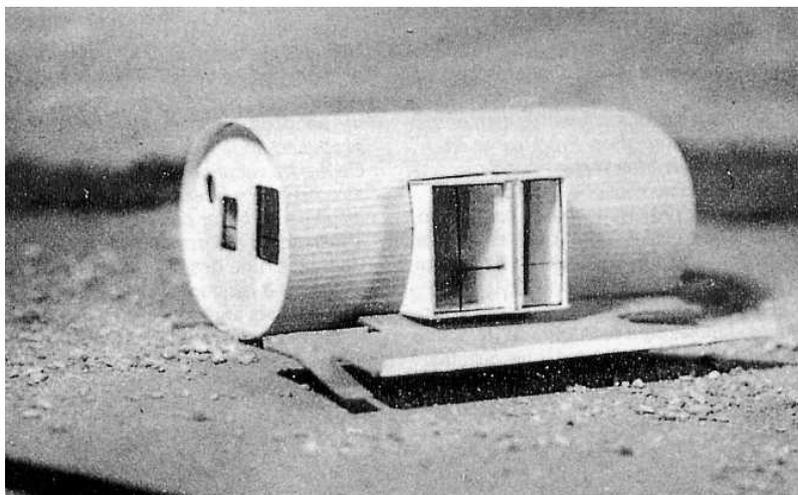
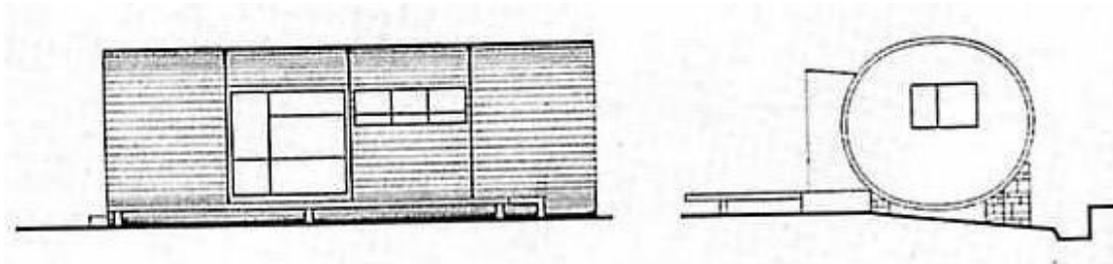
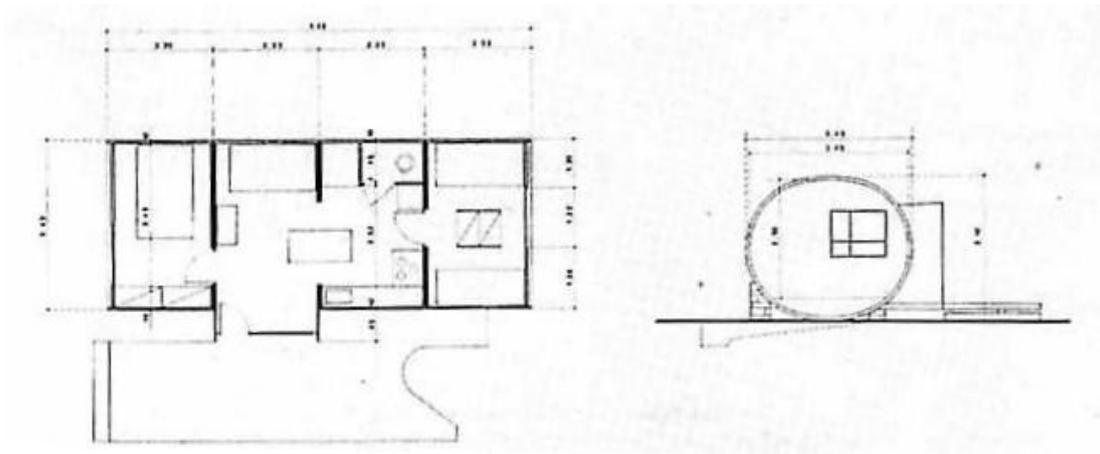


Photo du projet 341



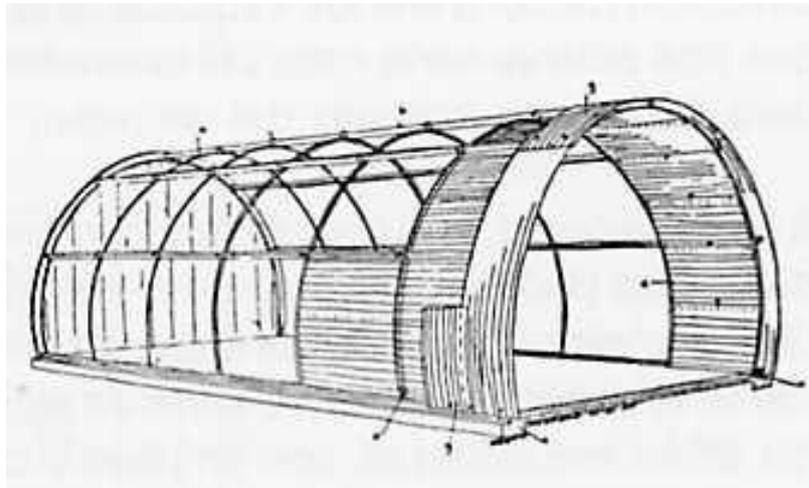
Photos, plans et coupe du projet 341



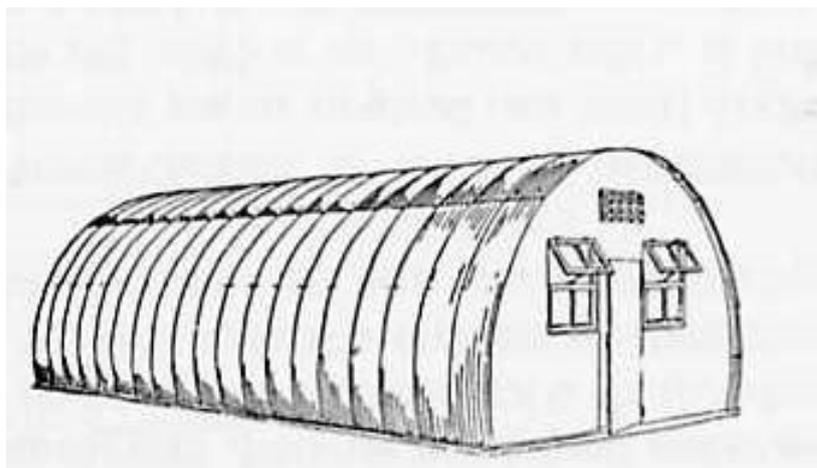
Photos, plans et coupe du projet 341

## B. Baraques Nissen (Hamburg 1946)

C'est un projet construit pour servir de logement temporaire durant la phase de la reconstruction après la guerre. Le projet se compose de barres d'acier en demi-cercle, de bois et enfin de verre.



Schémas du projet 341



Schémas du projet 341

### C. Unité de déploiement Dimaxion (DDU) : 342

Projet conçu en 1940 par Fuller à partir d'une idée de transformation de grange d'agriculture en maison, ce projet est fabriqué par la société Butler Manufacturing Company du Kansas. Cette transformation a été réussie en intégrant des fenêtres et des portes et un certain aménagement à l'intérieur par l'addition de plusieurs granges grâce à un système d'aile mécanique.

Fuller a réussi à créer un environnement habitable en fournissant une taille d'espace idéal de 20 pieds pour un petit logement et en utilisant des plaques de fibres de verre par souci d'esthétique et pour une bonne isolation. Le mode d'assemblage complètement différent des autres modes que Butler avait l'habitude d'utiliser, celui-là se présente sous forme d'un mât central amovible et des segments radiales de structure en acier qui permettent la stabilité du toit en forme conique et courbée.

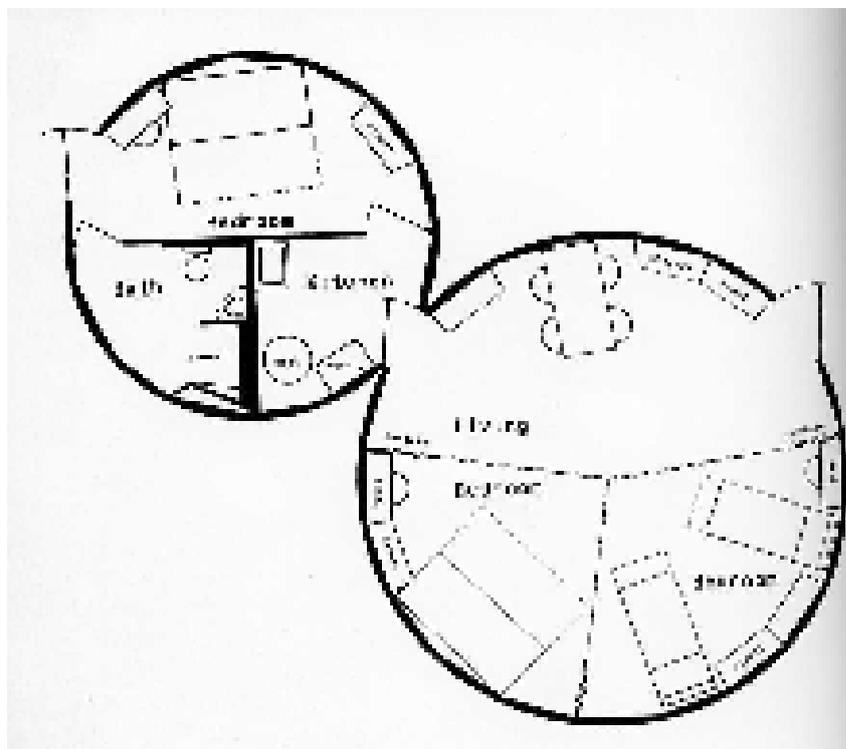
Il a aussi intégré une ventilation translucide ainsi que des fenêtres circulaires pour obtenir de la lumière et de l'air. La toiture devait être posée sur des murs en brique à base circulaire, et la construction devait se faire du haut vers le bas en levant le bâtiment préfabriqué ce qui été une véritable originalité dans le monde de la construction à l'époque.



Unité de déploiement Dimaxion (DDU) 342



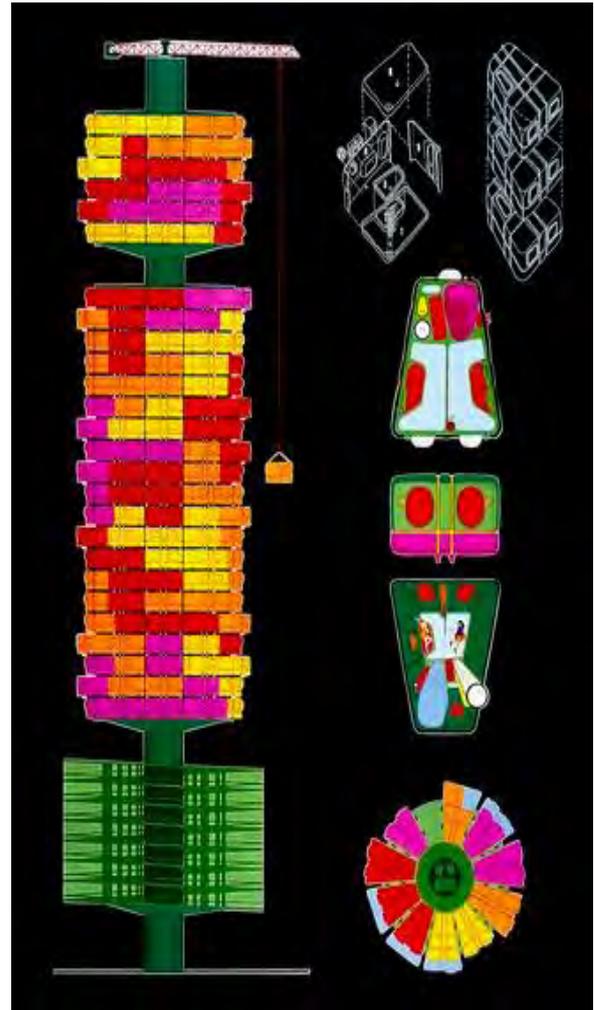
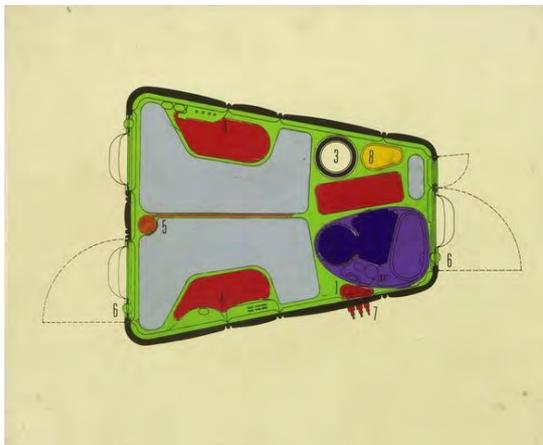
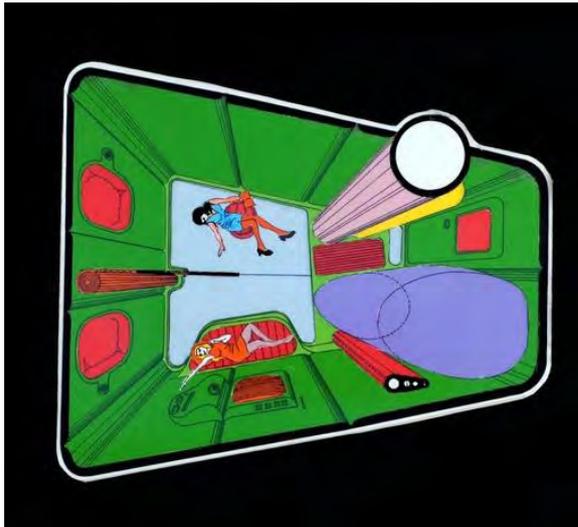
Unité de déploiement Dimaxion (DDU) 342



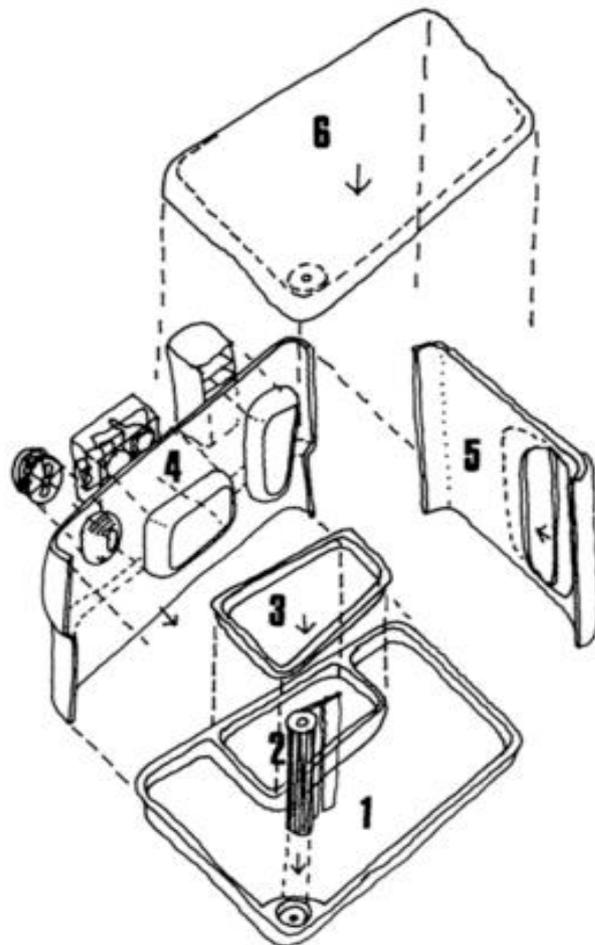
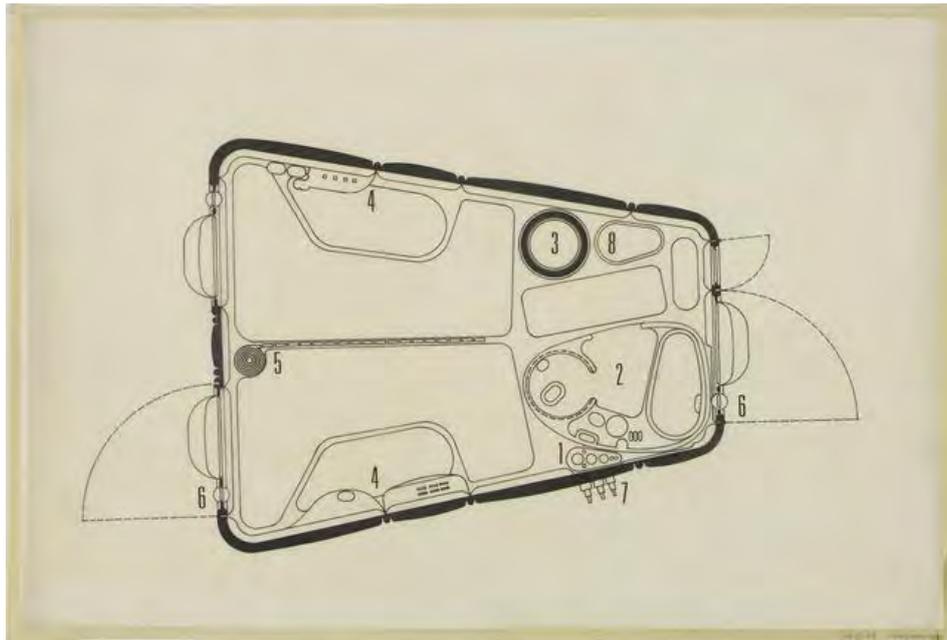
Photos et plans du projet 342

## D. La maison capsule

C'est un projet conçu par Warren Chalk du groupe Archigram en 1964, ce projet est ergonomique et sophistiqué et construit selon les mêmes normes qu'une capsule spatiale. Cette capsule est capable de se transformer pour s'adapter aux besoins de l'habitant, ainsi que le fait de pouvoir s'actualiser avec l'avancement technologique. Ces modules capsules se montent sur une tour constamment en évolution et en modification. 343



Axonométrie, plans, façades du projet 343



Axonométrie, plans, façades du projet 343

#### E. La maison Wichita : 344

À la fin de la guerre, Fuller lança l'idée de reconverter les usines d'armement en usines de fabrication de bien public. En 1944, il proposa au gouvernement les plans de la maison qu'il a conçue, une maison à coût réduit. La maison eut le nom de « Wichita », elle utilise le même principe de construction que la DDU, c'est-à-dire que sa construction va de haut vers le bas. Les sections courbes de la toiture ont été attachées grâce à des câbles au mât central, et ensuite les murs sont venus s'assembler tout autour comme on peut le voir sur les images ci-dessous :

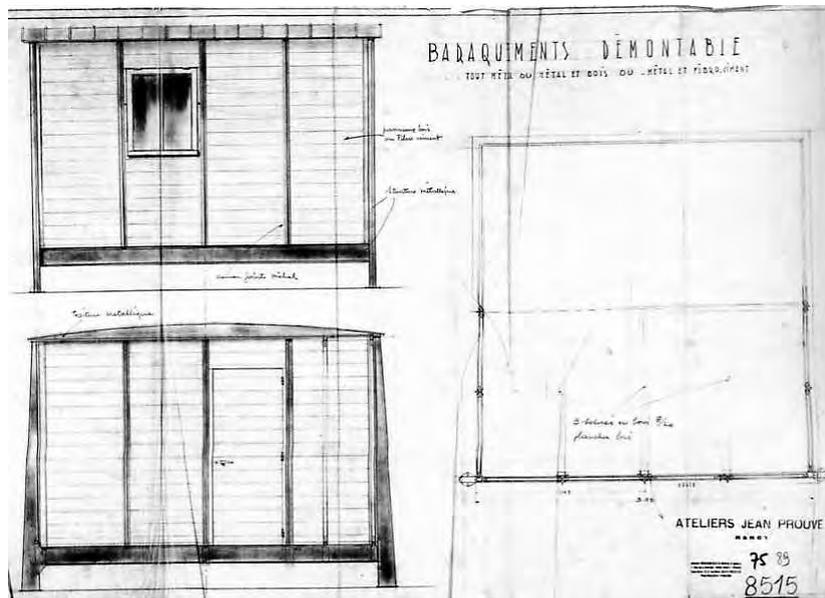


Photo de La maison Wichita

Dans ce projet Fuller utilisa les techniques de l'air conditionné et du chauffage récemment découvert. Bien que l'aspect extérieur fût métallique, Fuller a aménagé un intérieur très convivial et confortable.

#### F. La Baraque démontable de Jean Prouvé : 345

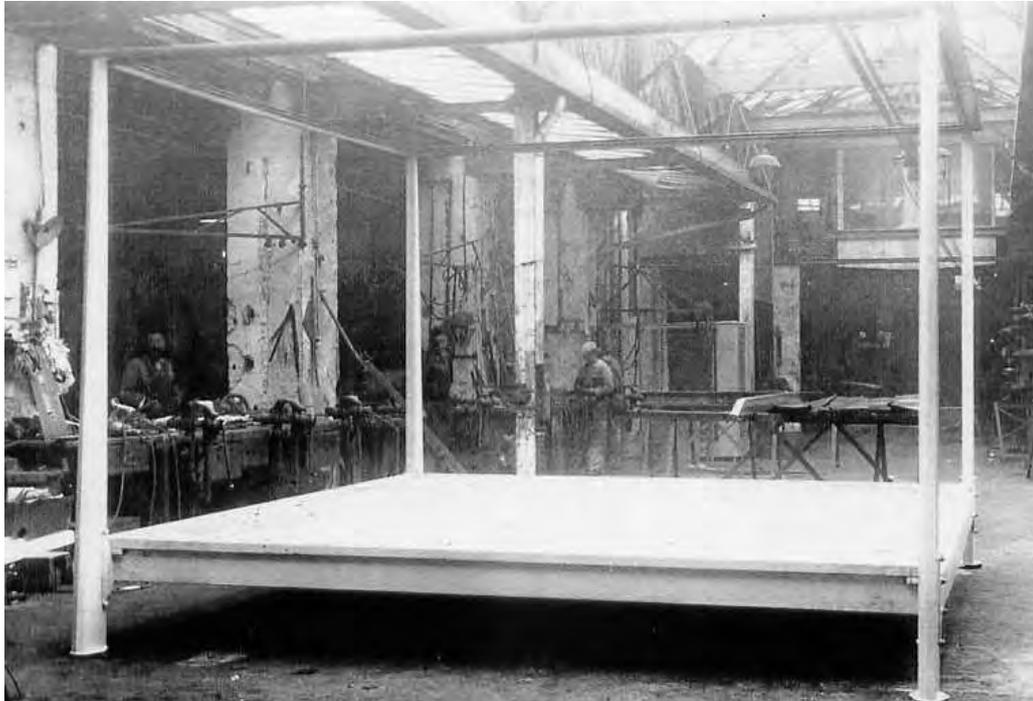
En 1939, Jean Prouvé avait conçu ce projet pour abriter les soldats des forces armées. Il fallait imaginer un modèle qui peut facilement être construit et en peu de temps. Les unités de logement avaient des dimensions variables de 4m × 4m (construite en 3heures), 4m × 6m, 4m × 12m. après que le projet soit accepté, 275 unités furent commandées, mais le nombre a été rappelé en baisse.



plans du projet 345



Photos du projet 345



Photos du montage du projet 345



Photos du montage du projet 345

## G. La maison en carton de Shigeru Ban : 345

« Pour mon premier travail, l'installation de l'Exposition Emilio Ambasz, j'ai conçu des cloisons sous la forme d'écrans de tissu. Ce tissu était livré en rouleaux sur des mandrins cylindriques en carton (tubes en carton). J'ai rapporté beaucoup de ces tubes à mon agence. Plus tard, alors que je travaillais à l'installation de l'exposition Alvar Aalto, il m'est venu à l'idée d'utiliser ces tubes bruns clair qui étaient restés là. J'ai visité une usine de fabrication de mandrins en carton, j'ai découvert que ces produits à base de papier recyclé étaient bon marché et qu'ils pouvaient être fabriqués dans presque toutes les longueurs, tous les diamètres et toutes les épaisseurs. Je me suis demandé s'ils pouvaient servir de matériau structurel en architecture... » Shigeru Ban, 1999

Conçue par l'architecte Japonais Shigeru Ban durant la catastrophe du tremblement de terre de Kobe en 1995, cette construction avait pour but de servir comme logement temporaire à la population sinistrée. Les maisons sont fondées sur des caisses de bière remplies de sac de sable dans le but de mieux stabiliser, les murs sont constitués de tubes en carton 108mm de diamètre et 4mm d'épaisseur.

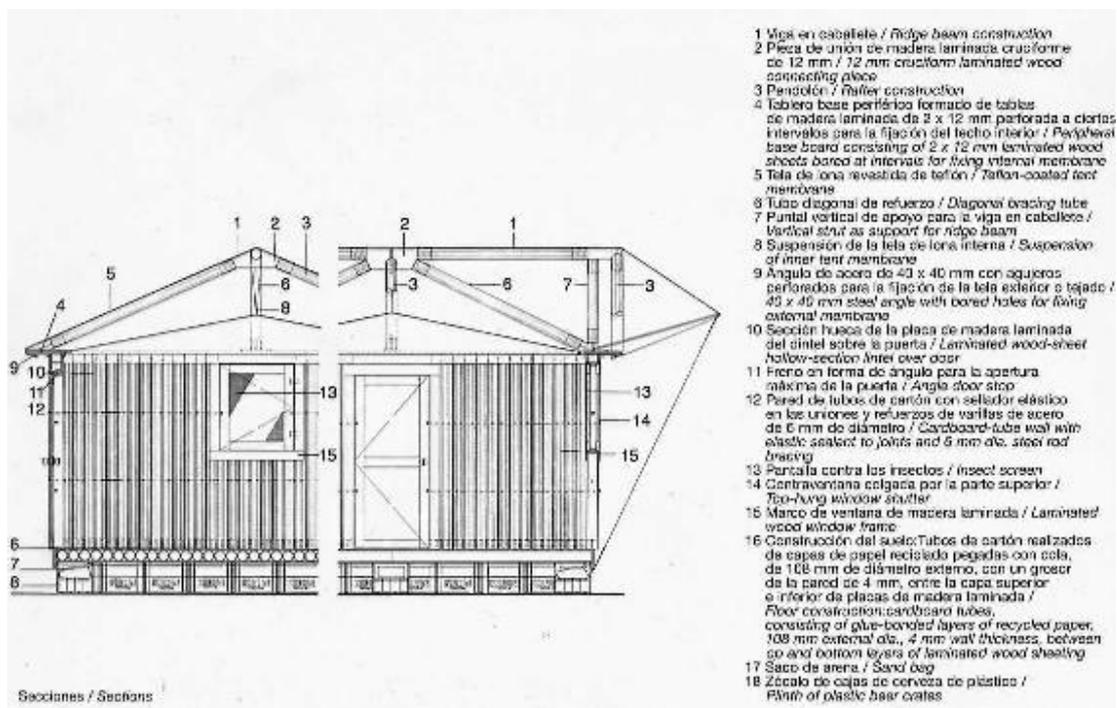
La toiture est constituée de deux toiles tendues à travers des orifices sur une structure de tube en forme triangulaire. Les deux toiles sont maintenues séparées pour permettre que l'air circule en été et fermées en hiver pour retenir l'air chaud. Le carton utilisé est traité de manière à ce qu'il soit imperméable (polyuréthane transparent) et résistant. Ce matériau peut être fabriqué sur place. Ce projet s'est avéré économique et très bon marché, il est doté d'une bonne isolation thermique pour l'été et l'hiver, et enfin une bonne accessibilité pour tout le monde.



Photos du projet 345



Photos du projet 345



schémas du projet 345

## H. Proposition d'une construction temporaire de l'université de Kessal : 346

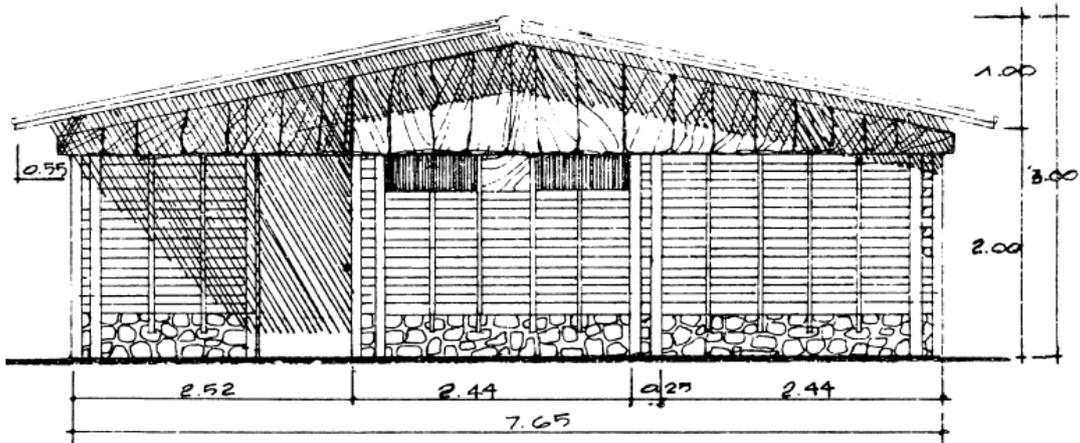
Des équipes de professeurs et de chercheurs de l'Université de Kassel en Allemagne, ont fait beaucoup d'investigation sur le mode de construction antisismique en terre. Voici un exemple d'une de leur technique qui consiste à remplir des sacs de textile avec de la terre argileuse ou du sable. Ces sacs sont assemblés les uns sur les autres en forme de U. après la construction des murs, on doit passer plusieurs couches de peinture de chaux afin d'imperméabiliser les surfaces, et prévenir la putréfaction. La toiture a une structure indépendante qui se situe à 50cm des murs vers l'intérieur.



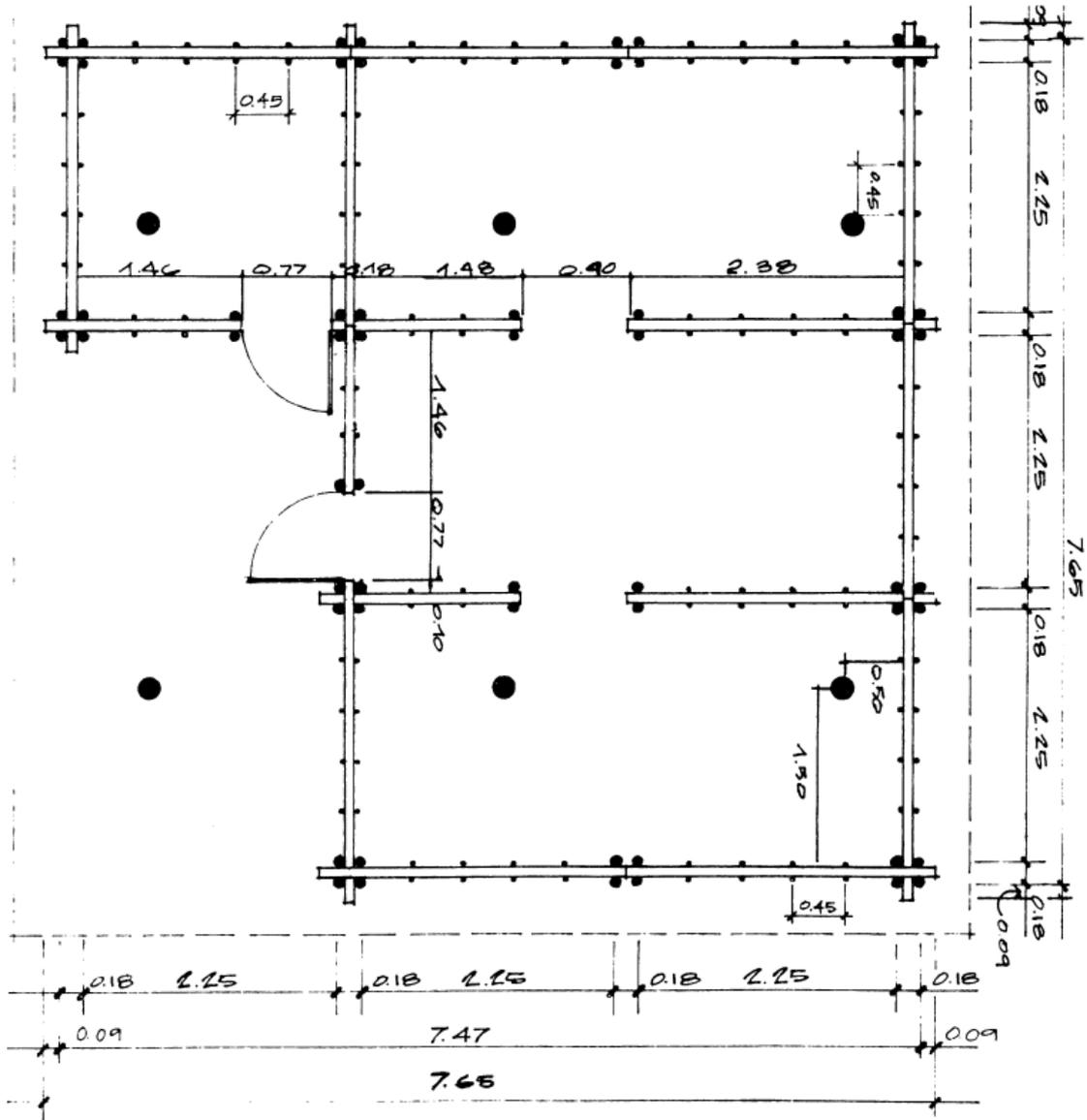
photos du projet 346



Photos du projet 346



Façade du projet 346



Plans et photos du projet 346

### 3.9 - les normes de l'hygiène et en alimentation en eau : (source Projet Sphère)

Toutes les personnes doivent avoir un accès à l'eau d'une manière équitable et sûre, afin de pouvoir couvrir les besoins de la consommation, de la cuisson des aliments, et de l'hygiène personnelle et domestique.

#### 3.9.1- L'alimentation en eau : (source Projet Sphère)

La consommation en eau pour la cuisson des aliments et l'hygiène personnelle est **d'au moins 15 litres par personne et par jour**. La distance minimale séparant les foyers du point d'eau est de **500m**. Le temps d'attente pour l'approvisionnement en eau (dans la queue) est de **maximum 15 min**, si l'on considère que le temps pour remplir un récipient de **20 litre est de 3 minutes**.

Les points d'eau doivent être entretenus de manière à approvisionner correctement la population en eau. Et doivent être fonctionnels pour garantir les quantités nécessaires.

Les besoins en eau varient selon le climat, les installations sanitaires disponibles, les habitudes des personnes, leurs pratiques religieuses et culturelles, le type de cuisine préparée, les vêtements portés. Il est à observer que plus les points d'eau sont proche des foyers, plus la consommation a tendance à augmenter.

Le nombre de personne par source dépend du débit et de la disponibilité de l'eau. Parfois les robinets ne fonctionnent pas de manière permanente, et parfois les pompes manuelles et les puits ne fournissent pas constamment de l'eau si le taux de remplissage est faible.

Le nombre de personnes par source lorsque celles-là sont permanentes et accessibles durant 8h/jour, est le suivant :

250 personnes par robinet	sur la base d'un débit de 7,5 litres/minute
500 personnes par pompe manuelle	sur la base d'un débit de 16,6 l/mn
400 personnes par puits ouvert à utilisateur unique	sur la base d'un débit de 12,5 l/mn

Tableau du nombre de personne par robinet selon les débits (source Projet Sphère)

<b>Tableau simplifié des besoins fondamentaux d'eau pour assurer la survie</b>		
Besoins pour assurer la survie: consommation d'eau (boisson et cuisine)	2,5 - 3 litres par jour	Variet selon: le climat et la physiologie individuelle
Pratiques d'hygiène de base	2-6 litres par jour	Variet selon: les normes sociales et culturelles
Besoins fondamentaux pour la cuisine	3-6 litres par jour	Variet selon: le type d'aliments et les normes sociales et culturelles
Total des besoins fondamentaux en eau	7,5-15 litres par jour	

Tableau des besoins en eau pour assurer la survie (source Projet Sphère)

Certaines pompes manuelles et récipients de transport doivent être adaptés aux personnes âgées, personne vivant avec le VIH/Sida, les personnes handicapées et les enfants. En milieu urbain, il est nécessaire d'acheminer l'eau vers certains bâtiments pour que les toilettes puissent continuer à fonctionner.

Les personnes disposent d'installation et de matériels suffisants pour pouvoir collecter, emmagasiner et utiliser les quantités suffisantes d'eau pour boire, et cuisiner et avoir une hygiène personnelle acceptable. Pour cela, chaque foyer dispose de deux récipients propres de 10 à 20 litres pour collecter l'eau. D'autres récipients peuvent être mis à disposition pour stocker une quantité d'eau dans le foyer.

Centres de santé et externe	5 litres/patient en consultation hôpitaux 40-60 litres/malade hospitalisé/jour Des quantités supplémentaires peuvent être nécessaires pour l'équipement de blanchissage, les chasses d'eau des toilettes, etc.
Centres de traitement du choléra	60 litres/patient/jour 15 litres/personne s'occupant de proches dépendants/jour
Centres d'alimentation thérapeutique	30 litres/malade hospitalisé/jour 15 litres/personne s'occupant de proches dépendants/jour
Écoles	3 litres/élève/jour pour la boisson et le lavage des mains (utilisation pour les toilettes non incluse, voir ci-après)
Mosquées	2-5 litres/personne/jour pour la toilette et la boisson
Toilettes publiques	1-2 litres/utilisateur/jour pour le lavage des mains 2-8 litres/cabine/jour pour le nettoyage des toilettes
Toutes les toilettes à d'eau	20-40 litres/utilisateur/jour pour les chasses toilettes conventionnelles à chasse d'eau connectées aux égouts 3-5 litres/utilisateur/jour pour les toilettes à siphon d'eau
Toilette anale	1-2 litres/personne/jour
Bétail	20-30 litres/animal de grande ou moyenne taille/jour 5 litres/petit animal/jour
Irrigation à petite échelle	3-6mm/m <sup>2</sup> /jour, mais peut varier considérablement

Tableau des besoins en eau des différentes institutions (source Projet Sphère)

### 3.9.2- Les normes d'hygiène dans les camps de sinistrés : (source Projet Sphère)

Pour des questions d'hygiène, on met à disposition de la population sinistrée, **une quantité de savon qui est de 250g/personne et par mois**. Dans le cas où l'on installe des cabines de bain, il est important de s'assurer que la population en dispose de manière suffisante, séparé pour les hommes et les femmes, et qu'elles sont employées d'une manière équitable et appropriée. Lorsqu'il est nécessaire d'installer des lavoirs, il est important de considérer qu'**un lavoir est associé à 100 personnes**. Il sera important de prendre en considération que des zones privées pour les femmes doivent être installées, afin qu'elles puissent laver et faire sécher leur sous-vêtements et serviettes hygiéniques en tissu.

Pour ce qui concerne les toilettes, la population sinistrée doit avoir accès à un nombre suffisant de cabines. Ces dernières doivent être proches des foyers, afin de permettre à la population une utilisation rapide, sûre et acceptable, de nuit et de jour, la distance est de 50m des foyers au maximum. Il est conseillé qu'un nombre de 20 personnes maximum se servent de chaque latrine. L'utilisation des toilettes devrait être organisée par famille ou groupe de famille, ainsi que séparé par sexe. Lorsque les toilettes sont publiques, elles doivent être nettoyées et bien entretenues. Les toilettes doivent être faciles d'entretiens afin d'éviter des problèmes de santé pour les usagés. Elles doivent procurer le maximum d'intimité aux usagées, et surtout aux femmes. Les toilettes doivent éviter la prolifération des mouches et des moustiques. Les toilettes qui utilisent des chasses d'eau doivent être alimentées convenablement.

Institution	Court terme	Long terme
Marchés	1 latrine/w.c. pour 50 stands	1 latrine/w.c. pour 20 stands
Hôpitaux/centres de santé	1 latrine/w.c. pour 20 lits ou 50 patients en consultation externe	1 latrine/w.c. pour 10 lits ou 20 patients en consultation externe
Centres d'alimentation	1 latrine/w.c. pour 50 adultes	1 latrine/w.c. pour 20 enfants
	1 latrine/w.c. pour 20 adultes	1 latrine/w.c. pour 10 enfants
Centres d'accueil/de transit	1 latrine/w.c. pour 50 personnes	3/1 femmes/hommes
Écoles	1 latrine/w.c. pour 30 filles	1 latrine/w.c. pour 60 garçons
	1 latrine/w.c. pour 30 garçons	1 latrine/w.c. pour 60 filles
Bureaux	1 latrine/w.c. pour 20 employés	

*Source: adapté de Harvey, Baghri et Reed (2002)*

Tableau du nombre minimal des toilettes dans les lieux publics et les institutions (source Projet Sphère)

Les personnes affectées par les catastrophes naturelles devront avoir les connaissances pour se protéger des vecteurs portant des maladies qui peuvent représenter un risque important. C'est pour cela qu'il est important de faire comprendre à la populations touchée les modes de transmission et des méthodes possibles de prévention. Une des précautions les plus importantes est le fait d'éviter les piqûres de moustiques et l'utilisation de moustiquaires. Dans le même cas, les poux sont régulièrement contrôlés afin d'éviter la propagation de maladies comme le typhus. Sans oublier, que les aliments doivent être protégés des mouches et des insectes, et Les vêtements sont régulièrement lavés.

### 3.9.3- La gestion des déchets : (source Projet Sphère)

Pour ce qui concerne la gestion des déchets, la population doit s'organiser pour trouver des solutions et à réfléchir sur des stratégies de gestion des déchets solides. **Les ordures ménagères doivent être placées dans les conteneurs tout les jours, pour être enlevées régulièrement, brulées ou enfouies dans une fosse à ordures.** On peut considérer que l'on doit avoir **un conteneur de 100 litre pour 10 familles**, et cela lorsque les ordures solides ne sont pas enfouies dans le site. Il est à noter que les déchets solides médicaux doivent être gardés séparément des autres déchets. L'élimination finale des déchets se fera dans des endroits et selon des méthodes permettant d'éviter la contamination de l'environnement et les problèmes de santé pour la population.

<b>Maladies d'origine hydrique ou dues au manque d'hygiène</b>	Choléra, shigellose, diarrhée, salmonellose, etc. Typhoïde, paratyphoïde, etc. Dysenterie amibienne, giardiase Hépatite A, poliomyélite, diarrhée à rotavirus	<b>Oro-fécale bactérienne</b>	Contamination de l'eau Assainissement médiocre
		<b>Oro-fécale non bactérienne</b>	Hygiène personnelle médiocre Contamination des cultures
<b>Maladies dues au manque d'hygiène ou à la pénurie d'eau</b>	Infections de la peau et des yeux Typhus à poux et fièvre récurrente à poux		Insuffisance d'eau Hygiène personnelle médiocre
<b>Helminthes liés aux excréments</b>	Ver rond, ver à crochet, trichocéphale, etc.	<b>Helminthes transmis par le sol</b>	Défécation à l'air libre Contamination du sol
<b>Vers solitaires du bœuf et du cochon</b>	Téniase	<b>Homme-animal</b>	Viande mal cuite Contamination du sol
<b>Maladies d'origine aquatique</b>	Schistosomiase, ver de Guinée, clonorchiose, etc.	<b>Long séjour dans de l'eau infectée</b>	Contamination de l'eau
<b>Insectes vecteurs liés à l'eau</b>	Paludisme, dengue, maladie du sommeil, filariase, etc.	<b>Insectes vecteurs liés aux excréments</b>	Piqûre près de l'eau Prolifération dans l'eau
<b>Insectes vecteurs liés aux excréments</b>	Diarrhée et dysenterie	<b>Piqûres de moustiques, mouches</b>	Environnement sale

Tableau des maladies liées à l'eau et aux excréments (source Projet Sphère)

Un dernier point qui nous semble important de citer est « le drainage ». Il est conseillé de ne pas avoir de d'eau usée stagnante dans les zones proches des foyers et des points d'eau. Il est aussi important de s'assurer que ces endroits ne sont pas submergés par l'eau. Le drainage au niveau des points d'eau doit être construit et entretenu, et cela spécifiquement dans les zones destinées au lavage et aux toilettes.

### **3.10- les normes dans le secteur des abris et établissements humains :**

(source Projet Sphère)

Dans la mesure du possible les familles affectées retournent à leurs habitations d'origines. Lorsque cela n'est pas possible, on s'organise de manière à loger les personnes dans des familles d'accueil. Si ces deux alternatives ne sont pas possibles, nous pouvons loger la population touchée sous des abris collectifs ou dans des camps.

Les abris sont situés dans des zones protégées et sûres, ou la menace est évaluée. Ces mêmes abris sont protégés contre les risques naturels, comme les séismes, les inondations, les éruptions volcaniques, les vents violents, ainsi que des maladies transmissibles et des vecteurs à risque. L'emplacement choisi pour l'installation des abris ne doit pas être prêt d'appareil dangereux ou de structure dangereuse. Les droits d'installation sur des propriétés privées et des établissements sont établis avant leur occupation.

Les services d'approvisionnement en eau, les services sociaux (soins médicaux, écoles, lieux de cultes) doivent être disponibles et fournis de manière satisfaisante. Les infrastructures de transport assurent l'accès à ces établissements, et cela pour favoriser la circulation des personnes et l'accès aux prestations de service. Il est important d'encourager les personnes à reprendre une vie normale, par la reprise des activités habituelles leur permettant de subvenir à leurs besoins.

**La surface de base dans les camps de sinistrés peut être de 45m<sup>2</sup> par personne (abris, espace de circulation, espace administratif, et autres...). L'installation des abris se fait sur un terrain en pente qui favorise le drainage, et prêt d'un chemin ou d'une route pour y faciliter l'accès et l'évacuation en cas d'urgence, et renforcer la sécurité. La superficie nécessaire pour offrir une habitation digne à une personne est de 3.5m<sup>2</sup>, cette zone permet une intimité sûre, entre les hommes et les femmes, entre les différentes tranches d'âge, entre familles au sein du même foyer.**

La conception de ces abris et les matériaux utilisés devront être acceptables du point de vue culturel et social par la population, on accorde la priorité à la réparation des abris endommagés existants, ou l'amélioration des abris déjà construits par la population. Les types de constructions, ainsi que les matériaux utilisés et enfin la taille et le positionnement des ouvertures offrent un confort thermique et une aération optimaux.

Pour la construction de ces abris, des matériaux et une main d'œuvre locaux sont utilisés. On peut utiliser les normes locales en ce qui concerne la qualité de travail et des matériaux. L'achat des matériaux et de main d'œuvre et la supervision du processus de la construction, doivent se faire avec transparence, en rendant des comptes sur les

normes utilisées.

L'installation des abris et des camps doit prendre en considération la disponibilité des ressources naturelles dans le site. Ces ressources malheureusement ne sont pas renouvelables, et sont consommées par la construction, la production de fourniture, la production des matériaux de construction. Il est recommandé de conserver les sites d'installation dans un bon état après leur utilisation.

#### 4- Resumen del capítulo:

Se puede **reducir el impacto de un fenómeno desarrollando mapas de riesgos**, que nos ayudan a organizar nuestro urbanismo a diferentes escalas. Los datos nos ayudan a determinar las medidas de prevención a diferentes niveles y así saber dónde urbanizar y cómo distribuir las actividades sobre el tejido urbano.

#### La prevención del riesgo sísmico

##### Energía sísmica

La respuesta de las construcciones a la energía sísmica depende mucho de los movimientos del suelo y de sus propias características. En caso de una construcción elástica el espectro se llamara espectro elástico, y en el caso que la construcción acepte deformaciones irreversibles que afectan a la estructura se llamara espectro elastoplástico. **Cuando la construcción es masiva, las fuerzas de inercia serán grandes y pondrán la estructura en una situación de deformación importante.** Para que la estructura no se rompa, la resistencia debe ser suficiente para reequilibrar las fuerzas. Por eso podemos decir que para disminuir las fuerzas sísmicas es mejor construir obras ligeras y evitar las construcciones pesadas, recomendando el uso de materiales resistentes con una masa baja.

##### Construcción parasísmica

Los múltiples criterios de la construcción antisísmica, que intervienen a diferentes niveles del proyecto:

- Elección del sitio de implantación
- La arquitectura
- Elección del sistema estructural
- Concepción de los ensamblajes
- Cálculo de estructura
- Elección de los materiales
- Concepción de los elementos no estructurales
- Protección contra el fuego
- Fase de ejecución de la obra
- Mantenimiento

## Elección del sitio

**Los suelos ideales para construir son los que son homogéneos, horizontales, sanos, secos, firmes sobre un espesor importante.** Este suelo debe quedar estable bajo la acción del agua o de las vibraciones. Como estos tipos de suelos son pocos, por ello es recomendable construir también sobre suelos de roca que transmiten las vibraciones fácilmente gracias a su rigidez, en lugar de construir sobre suelos deformables que tienen una tendencia a amplificar los efectos del sismo.

## Fundación

Podemos dar recomendaciones para la construcción de las fundaciones en zonas a riesgo sísmico:

- Evitar construir sobre dos tipos de suelos diferentes con características geotécnicas diferentes.
- Realizar una base horizontal para las fundaciones.
- Tener un nivel único de fundaciones.
- Sobre los suelos deformables es recomendable tener un nivel encastrado con fundaciones profundas.
- Realizar el mismo sistema de fundaciones para cada parte del edificio y separar con una junta antisísmica los diferentes sistemas de fundaciones en caso que este cambio sea necesario.
- Evitar las fundaciones aisladas, porque el sistema de fundación debe ser como un conjunto continuo y cerrado.
- No construir sobre un suelo licuefable, aunque se puede reforzar el suelo con diferentes técnicas, pero estas últimas cuestan tiempo y dinero.
- Evitar la acumulación del agua subterránea alrededor de la construcción, usando un sistema de drenaje.

## Las formas en plano y elevación

La simetría según dos ejes o más reduce de manera importante los esfuerzos de torsión vertical de la construcción. La forma sencilla como en círculo o en cuadro es más recomendado. **Las tensiones son muy importantes en los puntos de cambio de dirección** donde la rigidez transversal y longitudinal no es la misma.

En caso que queremos edificar una construcción de forma asimétrica, necesitamos fraccionar la construcción en diferentes elementos de formas simples, separados por juntas parasísmicas.

## Estructura

**La frecuencia de vibración de un suelo nunca debe ser la misma que la frecuencia de vibración de una obra, porque en este caso entramos en un efecto de resonancia de los dos, y provocamos una destrucción de la obra.**

Las cargas que sean de viento o de sismo, deben ser transmitidas al suelo. En las estructuras auto estables es el mismo elemento que retoma estas dos tipos de cargas. Pero en la mayoría de las estructuras debemos añadir un sistema de refuerzos sísmicos

adaptado al tipo de estructura elegido.

### La resistencia de los elementos no estructurales

- La fachada debe resistir a las deformaciones del forjado, en general cuando la estructura es rígida, la fachada puede retomar las deformaciones fácilmente.
- Las separaciones en ladrillo deben resistir a los seísmos, sobre todo las que están en las escaleras y los corredores. Su destrucción es debida a la presión generada por la deformación de la estructura. Para solucionarlo podemos poner en las dos extremidades del muro dos elementos verticales que son muy compresibles que pueden absorber las deformaciones generadas por la estructura, y que podemos remplazar cuando estos se rompan.
- La unión entre la cubierta y la estructura debe ser muy buena para evitar la caída del conjunto. Se recomienda usar cubiertas ligeras que no son frágiles.
- El comportamiento de un material no puede ser dissociado del tipo de estructura que constituye. Se recomienda usar materiales dúctiles que tienen una buena capacidad de deformación.

### Las nuevas tecnologías en la construcción antisísmica

Gracias a la baja rigidez de los apoyos parasísmicos, **el periodo propio de la estructura se alarga y la velocidad de oscilación disminuye, así que los movimientos de tierra transmitidos a la superestructura.** Estos apoyos trabajan como filtros que dejan pasar solamente las vibraciones de periodo largo.

Los amortiguamientos permiten **disipar la energía sísmica y reducir las oscilaciones y las cargas sísmicas.** Se usan en combinación con los apoyos parasísmicos a veces, o en las superestructuras no aisladas.

### La prevención del riesgo de inundaciones

Establecer un sistema de prevención y de alerta requiere una relación entre los datos, herramientas de previsión: Base de datos, comunicación, previsión, apoyo de decisión, notificaciones, coordinación y acción (respuesta).

Tenemos diferentes técnicas de lucha y de prevención contra las inundaciones, unas consisten en la construcción de estructuras pensadas para mantener o almacenar los caudales extraordinarios dentro de unos límites para proteger la población. Dentro estas diferentes modalidades de obras hidráulicas de protección contra las inundaciones podemos citar la construcción de diques, terraplenes, muros de contención, la canalización del lecho del río, el desvío del curso fluvial y, por encima de todas, la construcción de presas y embalses artificiales.

Otras medidas que se representan en la protección de la cuenca, zonificación rural y urbana, políticas de desarrollo, normas de operación, dragados, construcción a prueba de inundaciones.

La prevención de las inundaciones necesita una buena **evaluación del riesgo**, y un buen **estudio de este fenómeno**. Es necesario **convertir estos datos en forma de un plan de urbanismo** que toma en cuenta este riesgo. Este plano debe también **evitar una concentración excesiva de la población y de las industrias**. Es importante tomar en cuenta el tejido urbano que existe y readaptarlo en relación con el riesgo de inundaciones. En el caso en que algunas estructuras de lucha contra las inundaciones existan en el tejido urbano, es necesario verificar su funcionamiento y su resistencia.

## **Anatomía de la gestión de los riesgos geológicos**

**La gestión de los riesgos es el proceso de aplicación de las decisiones administrativas, así que la organización, las cualificaciones operacionales, las capacidades de establecer políticas y estrategias para reducir los riesgos.** Esto implica todo tipo de actividades y de medidas estructurales o no estructurales, para llegar a reducir a lo máximo los impactos sobre la sociedad, la economía, y el medio ambiente.

La gestión del riesgo pasa por 3 fases que forman un ciclo, estas son:

- **Evaluación del riesgo**, gracias a los estudios de los fenómenos y de sus impactos sobre las infraestructuras y las construcciones, sin olvidar la economía de la región.
- **Prescripción** que se desarrolla sobre dos ejes:
  - **La preparación:** medidas a corto plazo como la alerta, evacuación.
  - **Identificación** de las medidas protectoras apropiadas.
- **Publicar los nuevos datos, y las nuevas técnicas**, a través de la formación de los profesionales y la información.

En la gestión de los riesgos, la formación y la información forma una parte importante de la preparación y de la prevención de los desastres. La formación está representada por el aumento de los conocimientos de los profesionales, así que la transmisión de los nuevos conocimientos y nuevas técnicas. La información, es la comunicación de las informaciones básicas de evacuación (planos) y las actitudes de la población a tener durante una catástrofe.

La imagen de satélite nos permite de obtener elementos de trabajo **como la cartografía, base de datos, que nos permiten gestionar mejor el riesgo**. Otras medidas son también importantes como por ejemplo la respuesta de **las ciudades limítrofes** y la creación de una red nacional de **“radio amateur”** en zonas de riesgos con una accesibilidad difícil, parecen soluciones importantes.

El realojamiento debe dar a la población afectada un lugar donde se sientan en seguridad y donde puedan vivir con dignidad, con una alimentación en agua suficiente y una higiene que nos evita situaciones de epidemias graves.

## Chapitre 4

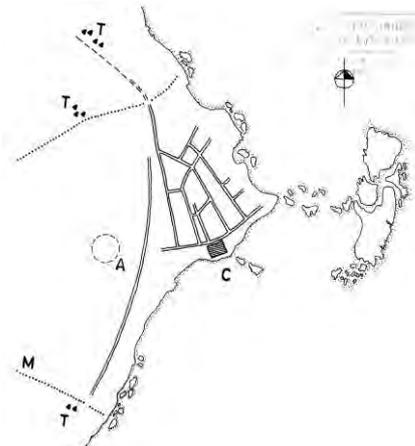
---

*Acupuncture sur le tissu Urbain du quartier de Bab El'Oued (BEO) dans le cadre de la réduction des risques*

## 1- Etude de cas du quartier de Bab El'Oued (BEO) dans la ville d'Alger:

### 1.1- Histoire urbaine du quartier de Bab El'Oued (BEO):

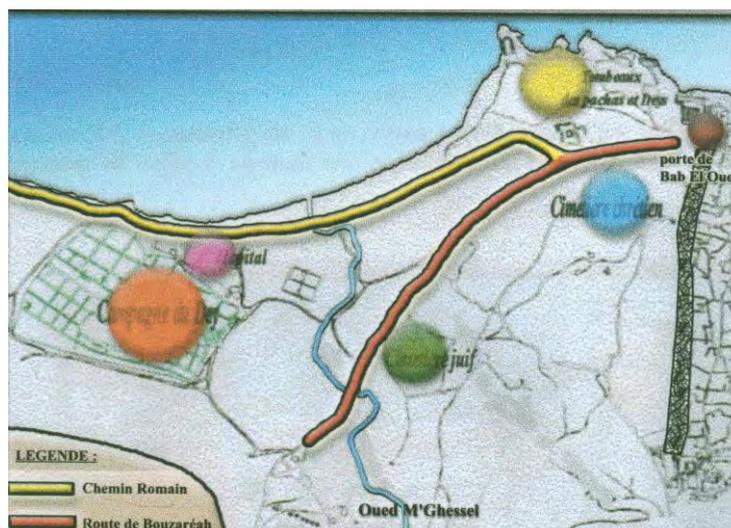
De la porte de BEO, partent deux routes. La première est celle de Cherchell ancienne route romaine qui relie la médina à l'Ouest du pays et qui actuellement est nommée Avenue du Commandant Mira. La deuxième est la route de Bouzareah qui est actuellement l'avenue de Colonel Lotfi, celle-ci reliant la médina aux hauteurs de Bouzareah. Durant la période Arabo-Berbère, à partir du 10<sup>ème</sup> siècle du quartier de BEO, il y a eu la construction de la grande mosquée qui a remplacé une église (édifice C sur la carte). 348



Quartier de BEO période Ottomane <sup>(347)</sup>

A l'époque Ottomane, à partir du 16<sup>ème</sup> siècle, le quartier évolua rapidement, par la construction de la mosquée de Katchaoua, le palais du Day, et les portes Bab Azoun et Bab El'Oued (BEO), sans oublier la construction de la muraille. Nous ne pouvons parler de l'existence de BEO qu'à partir de l'époque turque au 16<sup>ème</sup> siècle. À cette époque BEO connaît la période du Fahs, qui est un mot d'origine turc signifiant : « Les zones habitables ». 348

Lors de cette période, le seul centre urbain était la Casbah entourée par la muraille, le reste étant constitué de terrains vastes qui communiquaient avec la médina (Casbah) par la porte. La maison du Dey (actuellement Hôpital Maillot), ainsi que l'hôpital Salpêtrière (actuellement Caserne de BEO), constituaient une très grande demeure, limitée par : l'avenue C. Mira au Nord, rue Amara Ben Aissa au Sud, le Bd Said Touati à l'Est, et le Bd Omar Lounas à l'ouest. Cette période est aussi caractérisée par la construction de deux forts, celui de 24 heures (1568-1569) et le fort des ordures, ainsi que des batteries de défense, et l'élaboration de différents axes routiers existant jusqu'à nos jours « Bd Said Touati, Av. Gharafa Brahim. Il est important de noter que l'Oued M'Ghassel traverse BEO à cette époque là, élément important dans l'événement des inondations qui frappa le quartier en 2001. 348



Carte de BEO à l'époque turque « FAHS » 349

Durant la période coloniale entre 1830 et 1950, le quartier de BEO passa par la période appelée « Le faubourg » (1830 -1890). À cette époque Alger était considéré comme une ville militaire. On peut observer durant cette période l'installation de cinq (5) moulins à vapeurs et à vent près du fort 24 heures, et l'ouverture du cimetière El Kettar destiné aux autochtones.

On peut citer quelques dates importantes de l'évolution du quartier de BEO durant la période coloniale : 350

1841 : exploitation de la carrière Jaubert par l'administration coloniale de l'époque.

1844 : édification d'une nouvelle enceinte à 500m de l'ancienne de la casbah.

1845 : destruction du fort 24 heures, remplacé par l'arsenal.

1846 : approbation du plan Guichain pour la création de nouveau quartier « Bab Azoun, Mustapha, Isly, et enfin Bab El'Oued (BEO) ».

1848 : Construction de la cité ouvrière Bugeaud.

1849 : Construction de l'hôpital militaire.

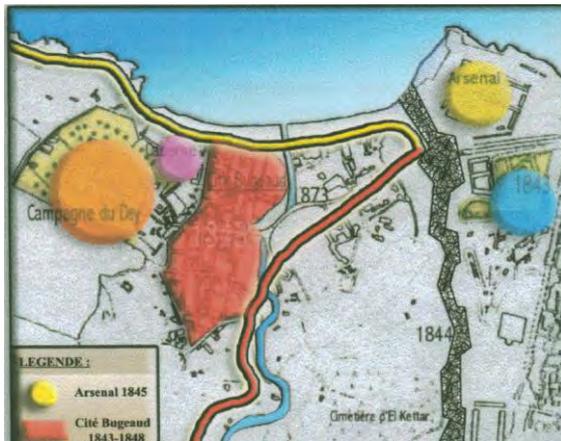
1873 : Recouvrement du oued M'Kassel pour des raisons d'hygiène. Inauguration de la ligne de chemin de fer, et enfin l'édification du lycée Impérial actuellement l'Emir.

1891 : Passage d'un régime militaire à un régime civil.

1895 : Création de la ligne de tramway.

1896 : Destruction de la porte de BEO et construction de la coulée verte (jardin en cascade) à sa place.

Il est important de savoir que les constructions de cette époque (1850-1890) ont été bâties presque exclusivement à partir de matériaux récupérés de la démolition de la basse Casbah, opération datant des grandes trouées haussmanniennes (ex rue Randon, Chartres, Bd de la victoire).



Carte de BEO à l'époque coloniale « 1830-1890 » (351)



Carte de BEO à l'époque coloniale « 1890-1900 » (352)

## 1.2- Donnée urbaine et état des lieux du tissu du quartier de Bab El'Oued (BEO) (BEO):

Le quartier de Bab El'Oued (BEO) est situé au Nord Ouest de la ville d'Alger; il est limité par la mer au Nord, par le quartier de Climat de France au Sud, le quartier de Bologhine à l'Ouest, et enfin Le quartier de la marine et la Casbah d'Alger à l'Est. La surface totale du quartier de Bab El'Oued (BEO) est de 2 Km<sup>2</sup>. 353

On peut accéder au quartier de BEO à travers deux boulevards, le premier est le Boulevard du Commandant Abderrahmane Mira qui relie le centre d'Alger à l'Est à la région de Rais Hamidou à l'Ouest. Le deuxième est le Boulevard Saïd Touati, qui permet la relation entre la côte (le Nord) et le Sud, cela dit, le plus grand flux arrive de la partie Sud grâce à la route rapide (que l'on appelle surplace autoroute) de Vrais Vallon. D'autres avenues et rues jouent un rôle important dans la distribution interne du quartier, on peut citer : 353

- L'Avenue Colonel Lotfi.
- L'Avenue Gharafa Brahim reliant l'Avenue du Colonel Lotfi à la Place des Trois Horloges.
- L'Avenue Askri Ahcène reliant Bab El'Oued (BEO) à Climat de France.
- L'Avenue Boubella Mohamed reliant Bab El'Oued (BEO) à la Place des Martyrs.
- La Rue Ibn Marzouk El Khateb passant par la Cité Bugeaud en reliant le Boulevard Saïd Touati Aux Trois Horloges.



Schéma de circulation dans le quartier de BEO 354  
(Avenues principales en rouge, Avenues secondaire en orange)

BEO est aussi un quartier qui a une capacité d'extension réduite car il se situe au milieu de sites historiques ou délicats. Au nord on a la mer, à l'Est on a le quartier de la Casbah qui est un site historique, ainsi que le quartier de la marine où se situe l'Etat major des forces maritimes, caserne aussi à caractère historique. Au Sud le cimetière d'El Kattar, et enfin à l'Ouest les cimetières chrétiens et juifs, ainsi que la carrière Jaubert.

**La topographie de BEO est accidentée, et en forme d'un amphithéâtre orienté vers la mer**, c'est une topographie qui permet des vues majestueuses vers la mer et le tissu urbain. L'un des éléments de repère du quartier qui a su profiter de cette topographie c'est Notre Dame d'Afrique. 355

Le quartier de BEO est un quartier historique et populaire. C'est **un quartier à haute densité** où la population et l'occupation du sol sont importantes. Les parcelles de terrains libres se situent en bord de mer à El Kettani. Celles-ci ont été aménagées en esplanades de balade de bord de mer.

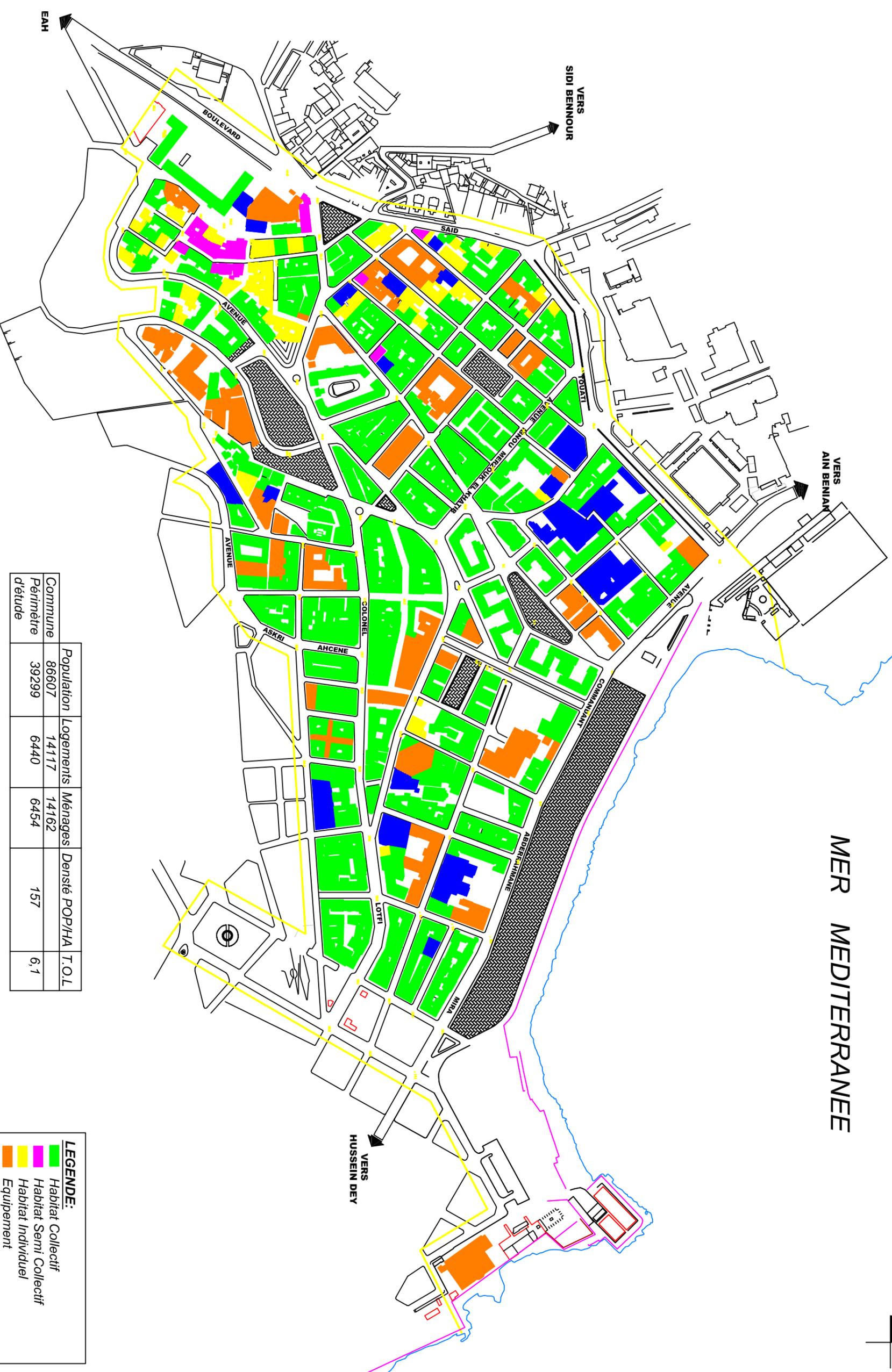
On peut observer une dominance du **logement collectif à hauteur de 95%**, et cela du fait de l'existence de plusieurs cités, et la rareté du logement individuel et semi-individuel. Nous pouvons citer quelques lieux de logement collectif : 355

- La Cité Bugeaud: Elle est divisée en îlots, généralement orthogonaux de surface égale à 750- 5200 m<sup>2</sup>, d'une largeur de 20 à 65 m et d'une longueur de 30 à 110 m.
- L'Esplanade de Bab El'Oued (BEO): Plan en damier (Haussmannien) formant 22 îlots de surfaces variant de 200 à 4000 m<sup>2</sup>.
- Hauteurs de BEO: Le parcellaire n'est pas régulier, on y trouve un regroupement en îlot-barre et l'évolution se fait selon les courbes de niveau.
- Tissu de connexion: La Cité de La Consolation qui est formée de trois îlots et de grandes cours intérieures.

# ETAT DE FAIT

source POS U12

MER MEDITERRANEE



	Population	Logements	Ménages	Densité POP/HA	T.O.L
Commune	86607	14117	14162		
Perimètre détude	39299	6440	6454	157	6,1

Surface Foncière : 40 hectares  
 Surface Libérée (selon POS) 73395m<sup>2</sup> 18%

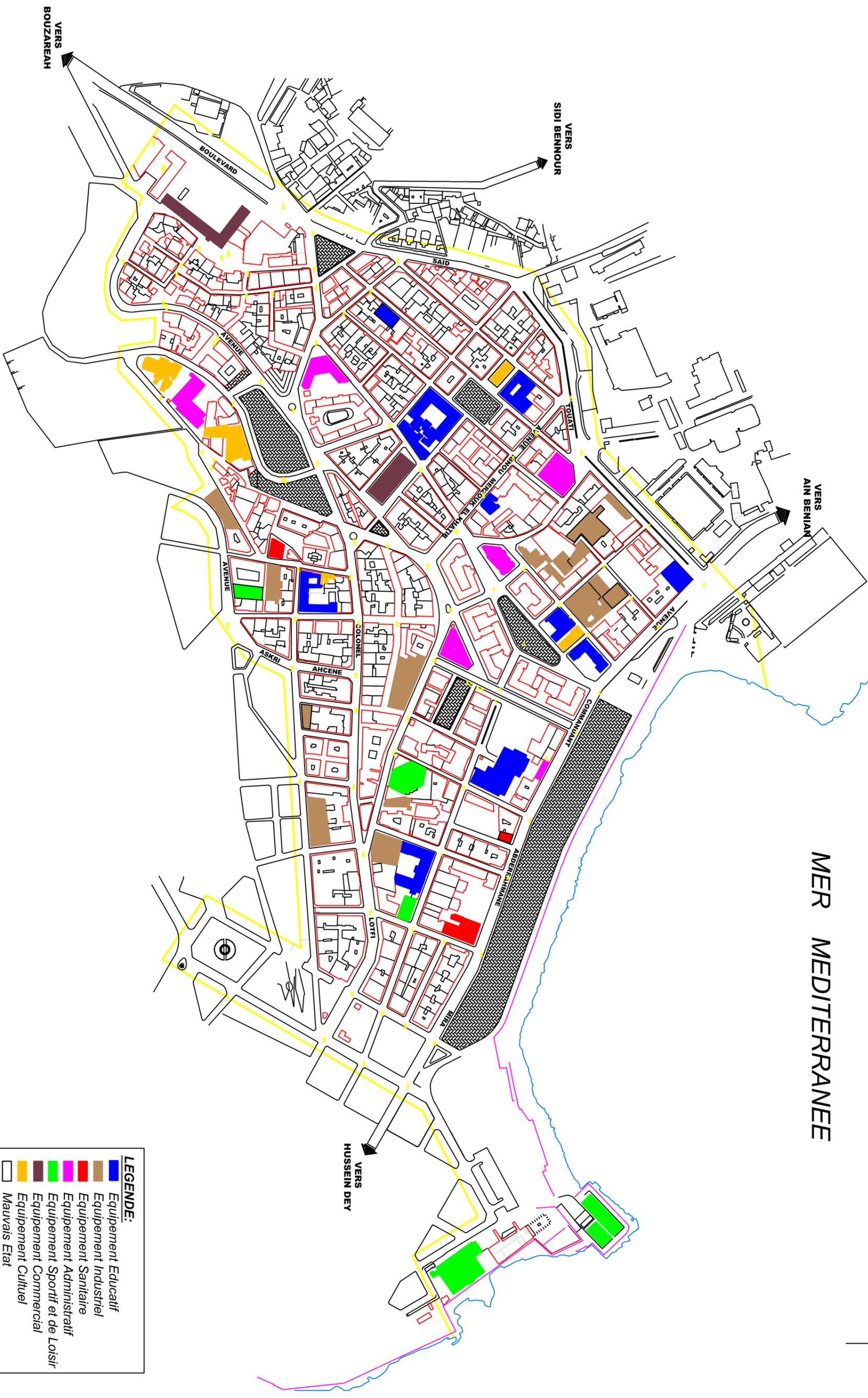
**LEGENDE:**

<span style="color: green;">■</span>	Habitat Collectif
<span style="color: yellow;">■</span>	Habitat Semi Collectif
<span style="color: orange;">■</span>	Habitat Individuel
<span style="color: blue;">■</span>	Equipement
<span style="color: pink;">■</span>	Activité

# EQUIPEMENTS

source POS U12

MER MEDITERRANEE



**LEGENDE:**

Blue	Equipement Educatif
Brown	Equipement Industriel
Red	Equipement Sanitaire
Pink	Equipement Administratif
Green	Equipement Sportif et de Loisir
Orange	Equipement Commercial
White	Equipement Culturel
White	Mauvais Etat

Les édifices à BEO ont un gabarit varié qui va de 7m pour un R+1 à 25m pour un R+7. Au niveau de l'avenue du Colonel Lotfi on peut constater un ensemble de volumes homogènes formant une horizontalité, grâce à un gabarit variant de 16m R+4 à 19m pour un R+5.

Plus près de la mer, au niveau du Bd Commandant Mira, on peut constater des volumes très divers qui ne respectent aucune homogénéité. Les gabarits dans ce boulevard sont de 7m (R+1) jusqu'à 25m (R+7).



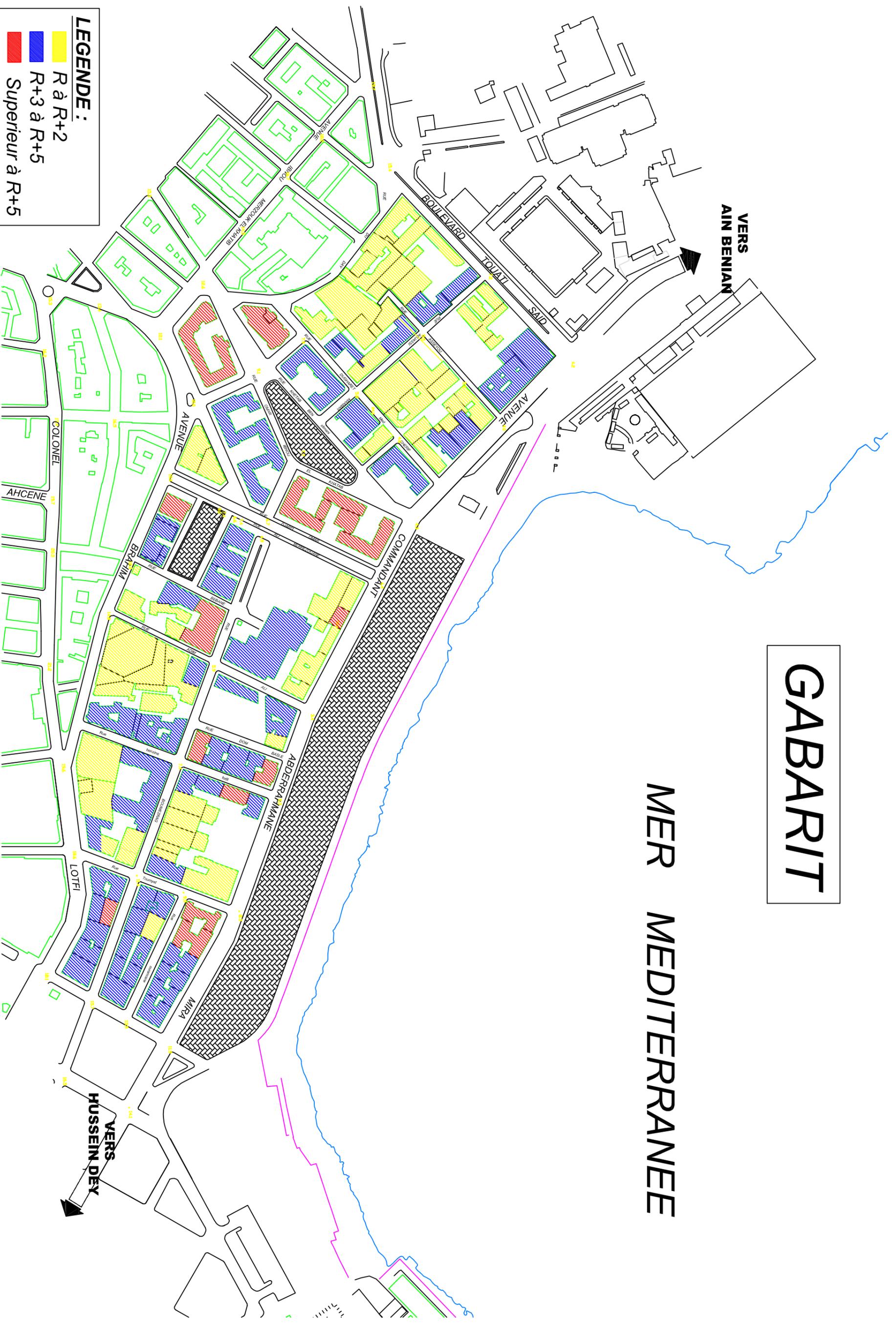
Gabarit des Bâtiments à BEO

# GABARIT

MER MEDITERRANEE

VERS  
AIN BENIAN

VERS  
HUSSEIN DEY



**LEGENDE :**

- R à R+2
- R+3 à R+5
- Supérieur à R+5



Panorama des gabarits du front de mer de BEO 356

L'état du bâti dans le quartier de **BEO** est **vétuste et risque de connaître de sérieux dommages en cas de fort séisme**. Si nous observons la carte du « Bâti de BEO », nous pouvons déduire que le pourcentage de celui qui est en mauvais état et celui qui est en état moyen, prend une majorité imposante. Le bâti qui est en bon état représente peu de surface.

D'après la carte de potentialité foncière ou l'on considère uniquement le bâti très vétuste, il en résulte une surface libre de 43494 m<sup>2</sup> ce qui équivaut à 4 hectares, selon le POS U12. Si nous considérons que le bâti considéré moyen d'il y a de cela 20 ans est actuellement vétuste, ou même si l'on considère que celui-là risque de s'effondrer totalement ou partiellement en cas de grand séisme, cette surface libre risque d'augmenter en flèche. Il est important de noter que même si le bâti est considéré en bon état, sa résistance au séisme n'est pas assurée, car les critères utilisés par les institutions pour classer l'état du bâti n'est pas automatiquement en relation avec la construction antisismique.



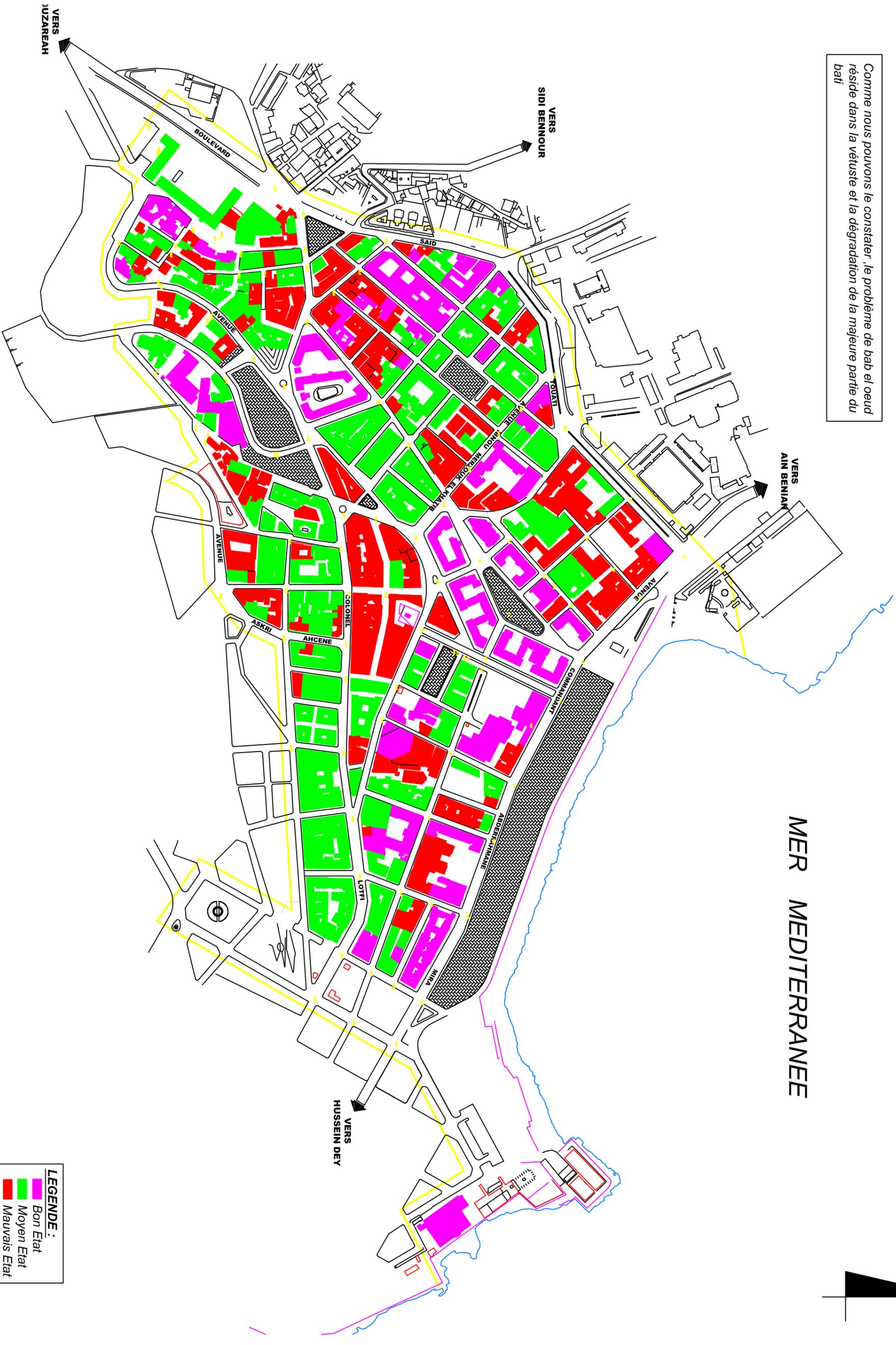
Photos de l'Etat du Bâti de BEO 356

# ETAT DU BATI

source POS U12

Comme nous pouvons le constater, le problème de bab el oued réside dans la vétusté et la dégradation de la majeure partie du bâti

MER MEDITERRANEE

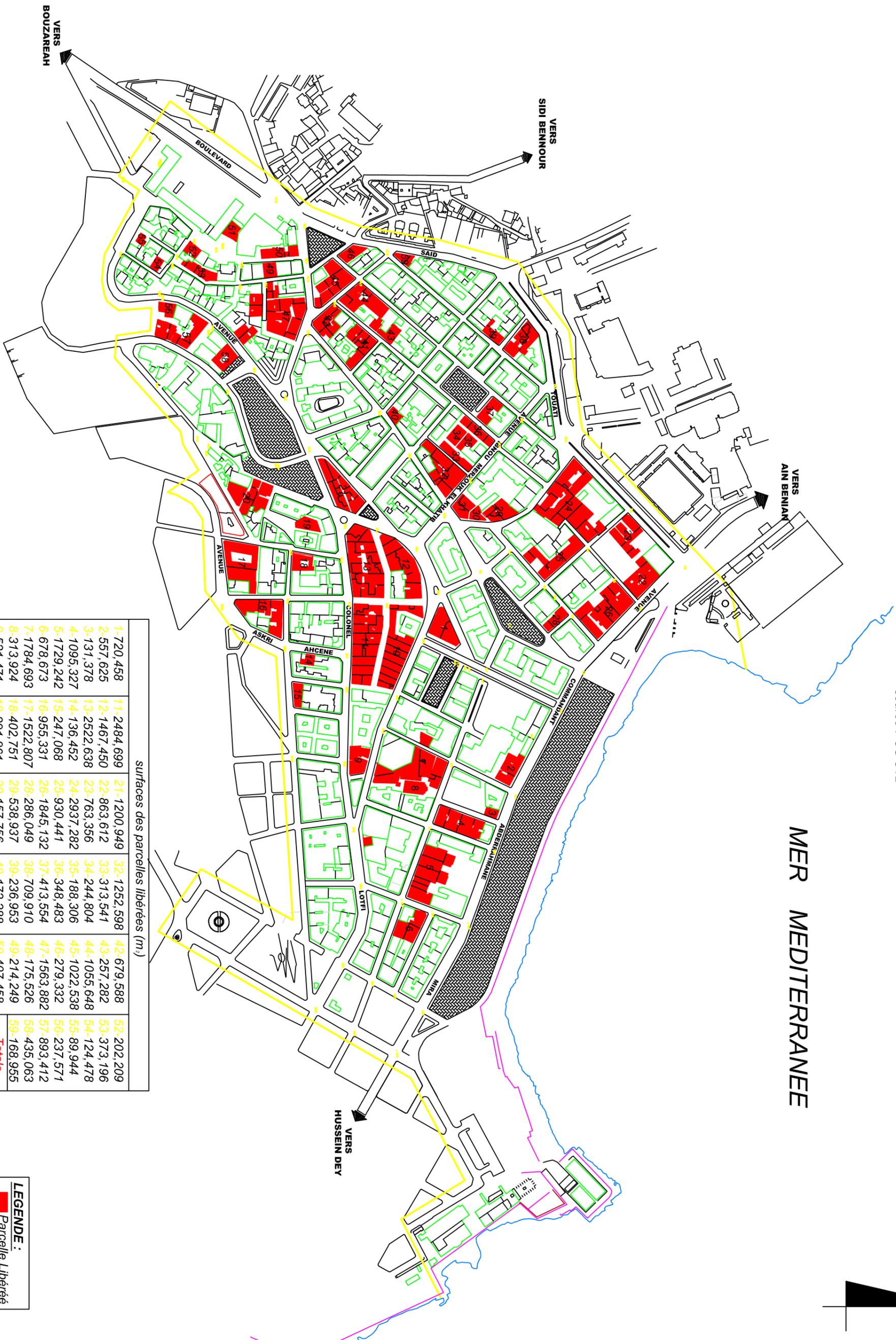


LEGENDE :  
Bon Etat  
Moyen Etat  
Mauvais Etat

# POTENTIALITES FONCIERES

source POS U12

MER MEDITERRANEE



surfaces des parcelles libérées (m²)

1-720,458	11-2484,699	21-1200,949	32-1252,598	42-679,588	52-202,209
2-557,625	12-1467,450	22-863,612	33-313,541	43-257,282	53-373,196
3-131,378	13-2522,638	23-763,356	34-244,804	44-1055,648	54-124,478
4-1095,327	14-136,452	24-2937,282	35-188,306	45-1022,538	55-89,944
5-1729,242	15-247,068	25-930,441	36-348,483	46-279,332	56-237,571
6-678,673	16-955,331	26-1845,132	37-413,554	47-1563,882	57-893,412
7-1784,693	17-1522,807	28-286,049	38-709,910	48-175,526	58-435,063
8-313,924	18-402,751	29-538,937	39-236,953	49-214,249	59-168,955
9-521,471	19-291,861	30-157,756	40-172,288	50-407,458	
10-1850,735	20-1154,510	31-369,173	41-773,840	51-251,650	<b>Totale</b>
					<b>43494m²</b>

**LEGENDE :**  
 Parcelle Libérée

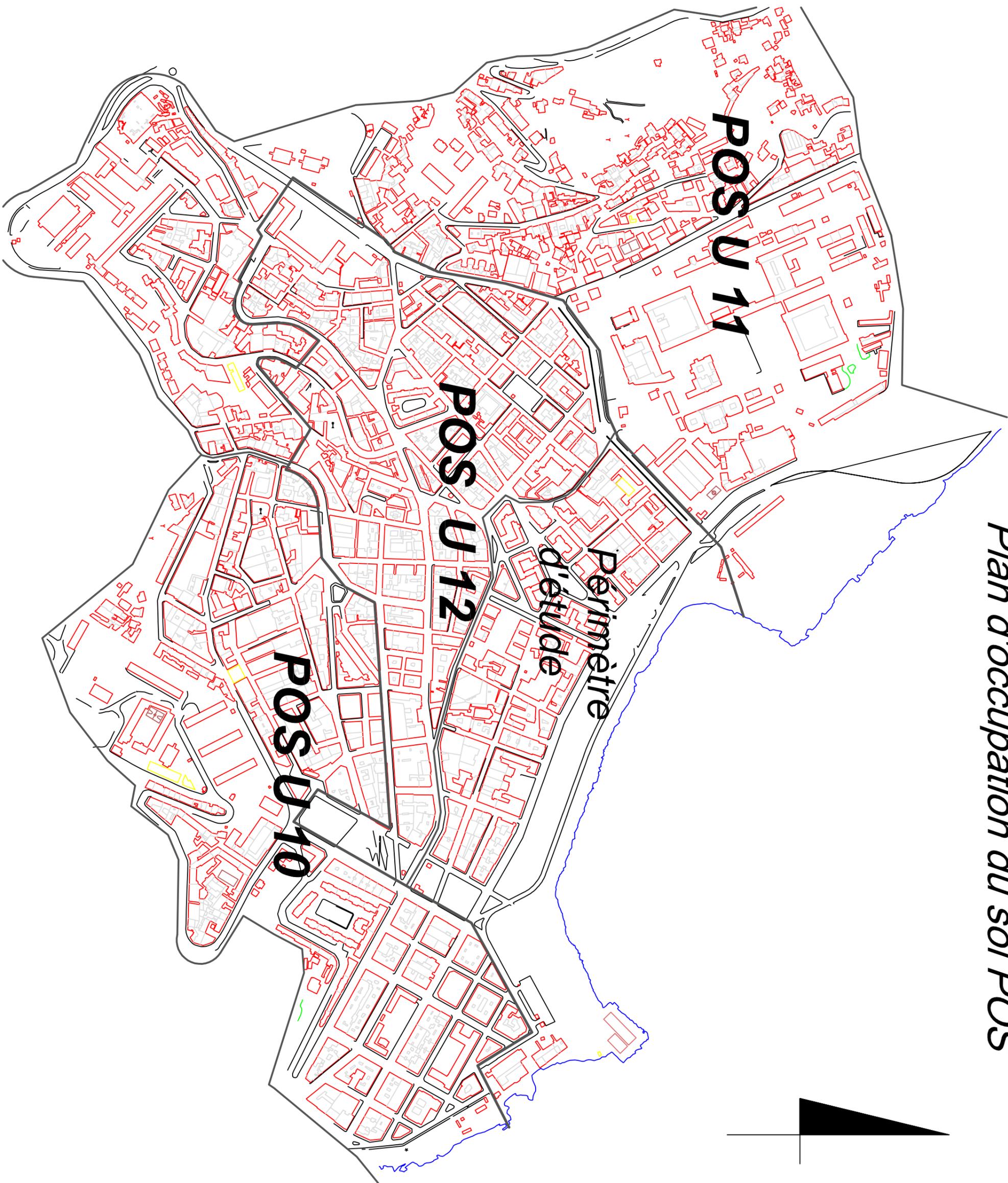


Photos de l'Etat du Bâti de BEO 356



Photos de l'Etat du Bâti de BEO 356

*Plan d'occupation du sol POS*



### 1.3- Les plans d'aménagement urbain de Bab El'Oued (BEO) :

Vu l'importance du quartier de BEO, il a été établi des stratégies de planification à travers différents plans, on peut citer le Grand Projet Urbain (GPU), les orientations du CNERU ainsi que le plan d'aménagement urbain (PDAU).<sup>357</sup>

- Le Grand Projet Urbain 1997 :<sup>357</sup>  
Le nouveau plan d'aménagement du grand Alger a l'objectif de diviser le Gouvernorat du grand Alger en 7 pôles et le quartier de BEO est inclus dans le 5<sup>ème</sup>.  
Le GPU prévoit d'assurer la double fonction de transit et de desserte de la route nationale 11 entre Alger et le littoral Ouest. Le même projet prévoit la récupération des plages par un assainissement global, le développement touristique et artisanat entre El Kettani et Rais Hamidou. N'oublions pas le projet de réalisation du tramway qui devra relier BEO à Zeralda et contribuera au développement de la côte. La dernière orientation de ce projet est le déplacement de la carrière Jaubert.
- Les orientations du CNERU 1997 : afin que BEO soit un centre d'intérêt supérieur le CNERU avait établie deux variantes :<sup>357</sup>
  - La première variante :
    - La rénovation du centre linéaire de Bab El'Oued (BEO) (Boubella- Lotfi).
    - La restructuration de la Cité Bugeaud (premier noyau).
    - La transformation de l'Avenue S. Touati en une autoroute.
    - La translation de l'hôpital de Bab El'Oued (BEO) (ex Maillot) en un ensemble d'îlots.
    - L'implantation de deux grands parkings à la périphérie (Avenue Mira)
  - La deuxième variante :
    - La réhabilitation de l'entité centrale vétuste du Quartier de BEO
    - La préservation de l'hôpital Maillot.
    - La création d'un échangeur S. Touati.
    - La création d'une voie rapide RN 11 sur le front de mer.
    - L'édification d'un équipement socio culturel à proximité de la place des Trois Horloges.
    - L'aération du quartier de BEO par l'implantation d'un espace vert à la place de deux îlots de la Cité Consolation.
    - La création d'une voie piétonne reliant l'Avenue Boubella à la Place des Trois Horloges.
    - Le plan d'aménagement urbain (1995) : le PDAU prévoit aussi certaines orientations qui sont les suivantes :
      - La rénovation du centre actuel et création d'un centre d'intérêt supérieur.
      - La reconversion de l'Avenue Colonel Lotfi en rue piétonne.
      - La hiérarchisation de la voirie et réorganisation de la circulation.
      - La rénovation et réhabilitation du parc immobilier.
      - Le transfert des activités et réaffectation du sol.

## 1.4- Etude du risque des inondations dans le quartier de BEO :

Le risque des inondations n'est pas récent dans le quartier de BEO, il date depuis plus d'un siècle, et pour être précis depuis l'urbanisation du terrain vague qui est principalement le lit d'Oued MKessel. Il est important de savoir que le risque n'existe pas si la présence de construction est basse ou nulle. Durant la période 1850 jusqu'à 1890 une politique d'urbanisation fut établie et le quartier de BEO fut créé, ainsi que la route rapide (appellation locale « autoroute ») de Frais Vallon qui commence de Chevalery jusqu'à el Kettani, qui fut construite sur le lit de l'Oued MKessel car la partie de ce oued qui traverse le quartier de BEO fut remblayée pour des raisons d'hygiène durant la période coloniale. Selon certains habitants de Bouzareah, un tunnel sous terrain de grande dimension, où un camion peut y accéder, fut édifié entre les hauteurs de Bouzareah et le bord de mer d'El Kettani. Ce tunnel servait à évacuer les eaux pluviales.

Selon les archives, des alertes furent données en 1874, selon Gabriel Conesa auteur du livre « Bab El'Oued (BEO) notre paradis perdu » (Robert Laffont 1970, Ed. Jacques Gandini 1995) : « presque tous les ans, lors des grosses pluies d'automne, quand les cadavres de l'été obstruent caniveaux, buses et gouttières, l'oued M'Kacel (ndlr : ainsi écrit dans le texte) déborde et inonde les bas quartiers du Pont ». On peut aussi lire : « L'oued fait régulièrement des siennes rue Fourchault, entre les Trois-Horloges et l'église Saint-Louis actuelle (ndlr : cette église sert aujourd'hui de bibliothèque, relevant de la wilaya d'Alger), en inondant les écuries Jaubert. Chaque automne ou presque, il faut sauver les percherons de la noyade et tirer au sec les galères, ces lourds chariots aux roues arrières plus hautes que les roues avant qui transportent la pierre sur les chantiers et sur le Front de mer, alors en construction de l'Amirauté aux portes Bab Azoun... ». Selon la même source, en 1874 l'administration coloniale canalise la rivière entre le trou Bonnifay et la mer, les travaux furent réalisés par M. Jaubert qui exploitait une carrière (actuellement Carrière Jaubert). En 1900 l'Oued MKessel sort de son lit et menace de détruire les maisons sur son passage. Suite aux pluies torrentielles de 1935, l'obstruction de cet ouvrage a été presque complète. La quantité de terre déposée a été de 5000m<sup>3</sup> environ. 358

Si l'on peut résumer la situation historique de BEO, la première étape fut l'urbanisation du quartier, puis **la canalisation de l'oued**, et ensuite après son assèchement vient l'étape de son **recouvrement pour des raisons d'hygiène**. Suite à ces évolutions urbaines des phénomènes d'inondations furent observés.

### 1.4.1- Les inondations du 10 novembre 2001 :

Le phénomène majeur qu'a connu BEO durant son histoire c'est bien les inondations du 10 novembre 2001. Ces inondations ont fait des centaines de victimes en plein centre de la capitale. Les causes de cet événement tragique sont les suivantes :

- Non conception de **l'espace de sécurité** durant la création du tissu urbain.
- **Recouvrement de l'Oued MKessel** durant la période coloniale pour des raisons d'hygiène. Ce qui veut dire que le lit de la rivière n'existe plus.

- **Construction sur le lit** de l'oued et urbanisation.
- **Construction d'une route rapide** « Frais Valon » entre Chevalley et Triolet **sur le lit de l'Oued MKessel.**
- **Urbanisation sur les versants de l'Oued MKessel** tout le long de la route rapide de Frais valon
- **Densification** importante du quartier de Bab El'Oued (BEO) et de la région de Bouzareah, ce qui diminue la surface de perméable dans la région.
- La **fermeture en béton armé du tunnel** qui relie les hauteurs de Bouzareah et le bord de mer d'El Kettani pour des raisons de sécurité à l'époque du terrorisme. N'oublions pas de préciser que ce tunnel permettait de drainer les eaux pluviales directement vers la mer.
- La **présence de la Carrière Jaubert** qui contient une quantité importante de gravas, qui furent drainés durant les inondations du 10 novembre.
- Fréquentation importante de la route rapide de Frais Valon par les conducteurs venant des autres zones de la Capital, et de la population de BEO, ce qui provoque souvent des bouchons de circulation.
- L'événement eu lieu durant une tranche horaire matinale (9h00 am) où les étudiants, les travailleurs et les enfants rejoignaient leurs écoles et lieux de travail.
- **La différence de niveau de 10m (±)** entre le rond-point de triolet et la cité entourée par l'avenue Mohamed Boubella et rue Hamadi Nacer. Cette différence de niveau provoqua la majorité des victimes par la chute des véhicules emportés par la force des eaux.
- **Présence du marché de triolet sous le rond-point** (actuellement une cour de jeux) qui accueille une quantité importante de personnes. La chute des véhicules à partir du rond-point de Triolet emportés par les eaux provoqua un nombre important de victimes dans ce marché.
- **Regroupement de multiple oueds** vers Oued MKessel, entre autre l'oued B'sekra. 359

Toutes ces raisons ont provoqué la catastrophe du 10 novembre 2001 par la mauvaise gestion et planification du territoire en majorité. Il est important de dire que les autorités furent surprises par cet événement. Les services de météorologie ont dû sûrement informer les autorités qui n'ont pas pris l'alerte au sérieux, mais cela reste à vérifier. Alors, nous revenons toujours sur le fait que la communication entre les scientifiques et les politiques reste un véritable obstacle dans la gestion des risques.

#### **1.4.2- Les mesures entreprises par le gouvernement après la catastrophe du 10 novembre 2001 :**

Après la catastrophe du 10 novembre 2001, le gouvernement algérien a décidé d'entreprendre des mesures importantes afin de réduire le risque des inondations dans ce quartier. L'un des projets clé de cette initiative est **le dédoublement du collecteur des eaux pluviale du Oued MKessel** qui a été dévié de sa construction durant la période coloniale sur une longueur de 950 mètres pour reporter son exutoire à la pointe El-Kettani (Bastion I) et permettre ainsi l'assainissement de la plage de Bab-el-Oued où fût édifié un bassin de natation (La largeur de cet ouvrage, du type séparatif est de 4 m. 80, sa hauteur de 4 m. 25).

Ce nouveau projet a été initié en 2005 par la Direction des ressources hydrauliques et de l'économie de l'eau de la wilaya d'Alger (DHW), et fût étudié par la société SOGREA. Ce nouveau collecteur a les caractéristiques suivantes : 360

- Débit de projet  $63\text{m}^3/\text{S}$
- Tunnel avec les dimensions de 4m de diamètre et 4 km de longueur.
- Collecteur cadre en double section sur environ 250m.
- Quatre (4) puits de chute de type vortex (jusqu'à 45m).
- Un (1) puits de chute à palier.
- Un ouvrage de rejet et dissipation en mer.
- Des ouvrages de dessablement et d'interception de collecteurs existants.



Modèle réduit physique du collecteur 361

Une autre initiative des institutions locales est d'éliminer la différence de hauteur entre le rond-point de Triolet et le quartier de BEO, en construisant des gradins donnant sur une esplanade de jeux qui a remplacé le marché de Triolet.



Travaux dans le collecteur de Oued MKessel (362)



Voici une vue de la tête amont du collecteur M'Kacel après un gros orage (danger pour les égouts). On peut remarquer sur la droite l'énorme masse de débris retenus. D'où la nécessité de barrages de protection. (362)

**Les solutions édifiées par les institutions publiques peuvent réduire le risque d'inondations à condition d'un entretien permanent et rigoureux, ce qui n'est pas réellement le cas généralement dans les pays en voie de développement. Les institutions ne se sont pas attaquées aux vrais problèmes du quartier comme la densité du tissu urbain, la densité de la population, la construction sur un lit d'oued des édifices et d'une route rapide, l'urbanisation des versants de oued MKessel, l'augmentation des surfaces perméables, le déplacement de la carrière Jaubert et autres points qui peuvent aussi servir pour d'autres risques, exemple « risque sismique » (du point de vue de la densité urbaine). Le projet du dédoublement du collecteur de l'Oued MKessel a coûté plusieurs milliards de dinars ; ce financement aurait pu servir à la dédensification du quartier de BEO, par la construction de nouveaux logements dans d'autres zones de la ville et reloger les familles entassées dans des logements étroits, et ainsi libérer le chemin initial de l'oued. Le projet du dédoublement est certes efficace mais le manque d'entretien peut engendrer une nouvelle catastrophe.**

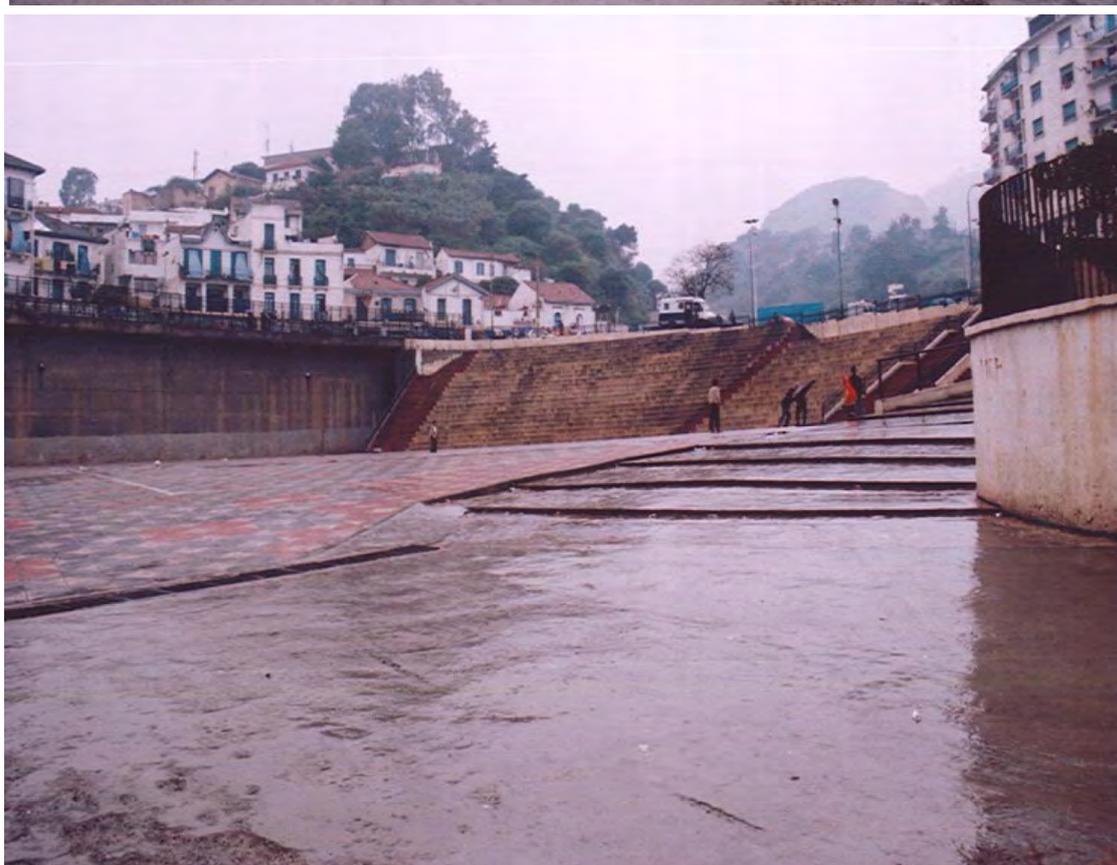
Il est aussi important de rechercher dans l'histoire les hauteurs maximales de l'oued MKessel et le débit maximal de celui-là durant les événements majeurs. Cette information peut nous garantir un fonctionnement parfait de ces deux collecteurs. Il est aussi indispensable de prendre en considération tout les matériaux qui sont susceptibles d'être drainés par les eaux durant un important orage (matériaux de la carrière Jaubert et autres) provoquant des coulées de boue qui peuvent nuire sérieusement à ce projet.



Après les inondations mortelles de novembre 2001, l'Etat Algérien a entrepris des aménagements urbains afin de remédier à cette problématique.

Malgré les efforts, ces aménagements risquent d'être inefficaces lors d'un grand événement comme celui de 2001.

Comme cette photo le montre, ces bouches évacuations des eaux pluviales ne peuvent évacuer les incroyables quantités d'eau pluviale qui drainent des quantités de terre et de débris qui ne peuvent être contenus, ni absorbés par ce genre de système qui à mon avis est élémentaire et nécessite des modifications sérieuses.



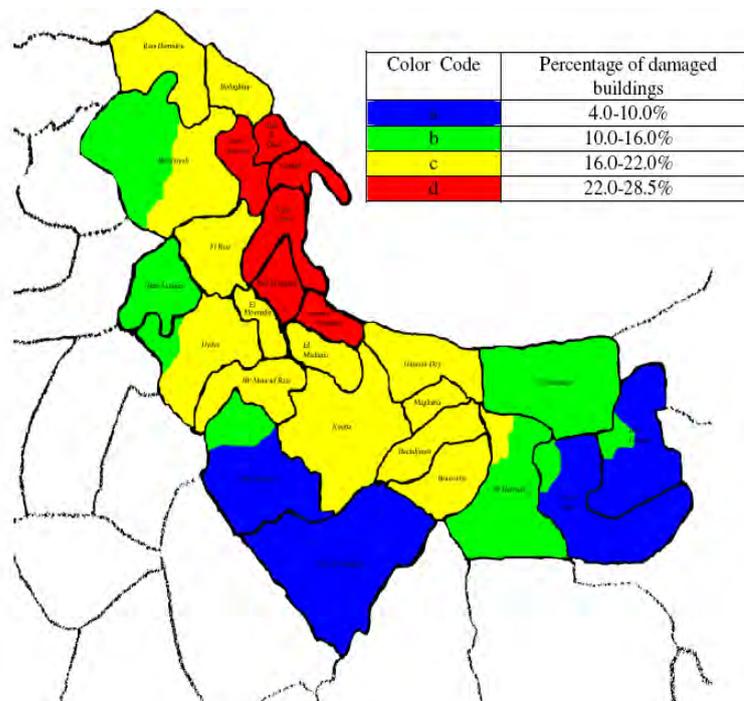
Photos qui montrent la différence de niveau existante au rond point de Triolet à BEO qui est plus au moins de 10m, qui lors des inondations de BEO a causée la mort de centaines de citoyens. Cette place aménagée en place de jeux fût un marché très fréquenté par la population de la ville d'Alger à cette époque là, ce qui a aggravé la situation.

## 1.5- Etude sismique du quartier de Bab El'Oued (BEO) :

Dans le premier chapitre, nous avons développé une vue globale de la sismicité de la ville d'Alger qui montre clairement que la capitale est sujette à de forts séismes qui peuvent engendrer des pertes matérielles et humaines très importantes. Selon l'article « Seismic Risk Assessment of current buildings of Algiers city » paru en août 2004 lors de la 13eme conférence mondiale du génie-sismique à Vancouver au Canada, où la méthode Radius (Risk Assessment Tools for Diagnosis of Urban Area Against Seismic Disaster) nous donne un scénario de catastrophe suivant : 363

Dans le cas où l'on considère une magnitude de 6.5 générée par la faille de Bouzareah à 12km de profondeur et qui se passe à 10h am durant la semaine, où les étudiants sont à l'université, les élèves à l'école et les gens sont sur leur lieu de travail, on considère aussi que l'épicentre est à une distance de 5km et les lois d'atténuation utilisées sont celles de Joyner and Boore. Sans oublier que cette méthode prend en considération les données sismiques, la nature du sol, les types de construction et enfin la densité de la population. Cette méthode utilise un algorithme de Coburn pour faire une estimation des pertes.

**Le résultat final de cette méthode, donne une estimation moyenne de 20% de destruction dans toute la zone étudiée, ce qui vaut à la destruction de 62515 logements. En termes de surface cela est égal à 3750000 m<sup>2</sup>, ce qui représente 700 000 000 USD. En termes de victimes la méthode estime le nombre à 3000 morts et 40 000 blessés.**



Distribution des destructions selon la méthode RADIUS (364)

N°	District	Dead	Injured	N°	District	Dead	Injured
1	RAIS HAMIDOU	45	534	14	BACHDJARAH	133	1807
2	BOLOGHINE I- ZIRI	87	964	15	EL-MAGHARIA	59	682
3	BAB EL-OUED	81	1048	16	KOUBA	181	2332
4	CASBAH	102	1316	17	EL-MADANIA	64	733
5	ALGER CENTRE	202	2820	18	EL-MOURADIA	51	554
6	SIDI M'HAMED	200	2449	19	EL-BIAR	130	1496
7	HAMMA ANNASSERS	100	1250	20	OUED KORICHE	91	933
8	HUSSEIN DEY	109	1267	21	BOUZAREAH	211	2715
9	MOHAMMADIA	110	1556	22	BEN AKNOUN	119	1414
10	BAB EZZOUAR	95	1889	23	HYDRA	103	1364
11	OUED SMAR	55	835	24	BIR MOURAD RAIS	126	1644
12	EL-HARRACH	135	1898	25	BIRKHADEM	206	3028
13	BOUROUBA	151	1962	26	DJ-KASENTINA	133	2428
<b>TOTAL</b>						<b>3081</b>	<b>40917</b>

Nombre de blessés et de morts par quartier (365)

D'après ce tableau et la carte géographique nous pouvons observer que le quartier de BEO est dans une zone à haut risque selon la méthode Radius. Le nombre de morts pourrait s'élever à 81, et le nombre de blessés à 1048.

**Selon une deuxième méthode qui est celle de « EMS-92 SCALE », l'intensité attendue est de 8 et 9. Les dommages estimés par cette méthode sont :**

- **Perte financière de 826 300000 USD pour une intensité de 8 sur l'échelle EMS-92**
- **Perte financière de 1 558 000000 USD pour une intensité de 9 sur l'échelle EMS-92**

### 1.5.1- Les failles sismiques de la ville d'Alger et leurs effets sur le quartier de BEO :

Le quartier de BEO peut subir des destructions dues à différentes failles présentes dans la région ; nous pouvons citer : 366

- La faille du Sahel
- La faille de Chenoua
- La faille de Blida
- La faille de Thenia
- La faille de Khair Al Din (en mer)
- La faille de Zemmouri (en mer)

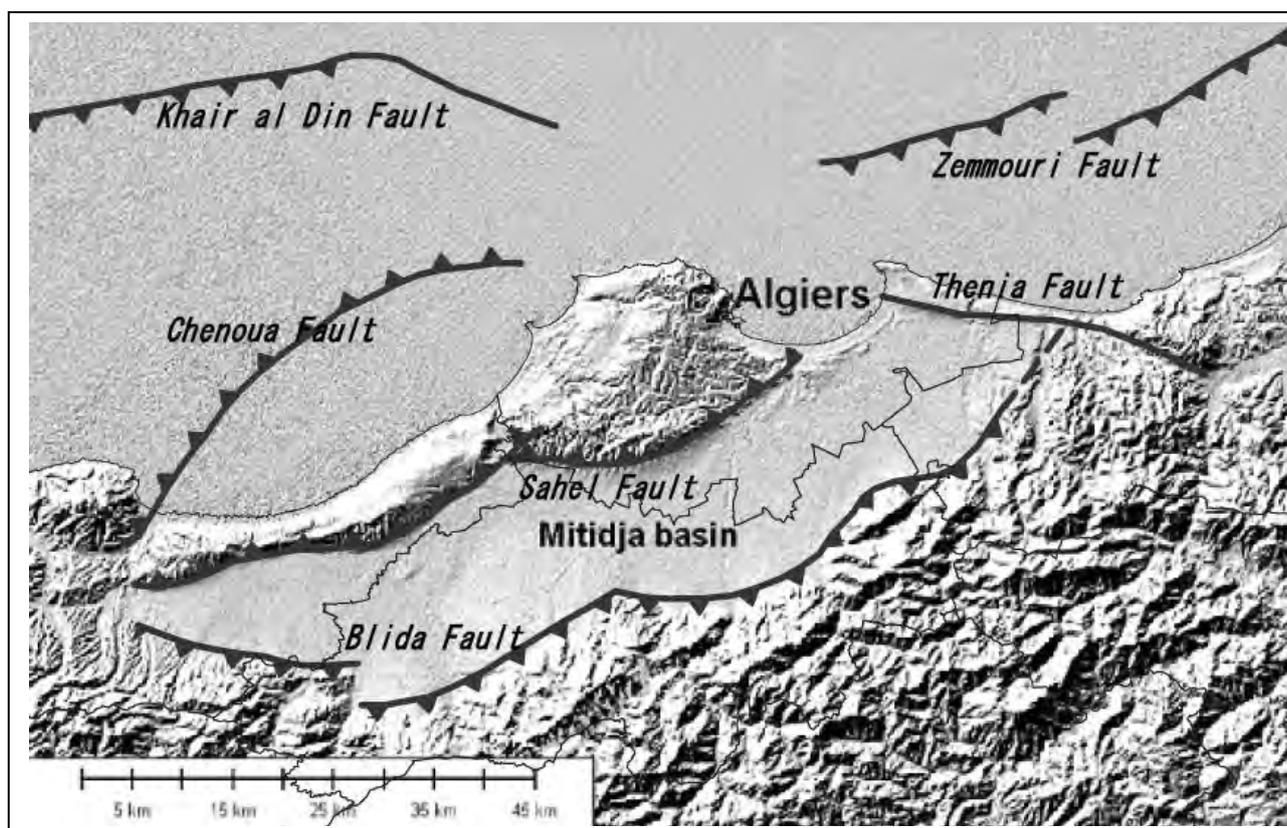
La faille du Sahel forme la bande qui va du bassin de la Mitidja vers le Sud et du Sahel d'Alger vers le Nord. La profondeur de la faille est inconnue, on peut considérer la rupture le long de la faille de 75 km avec une profondeur approximative de 15 km. Le glissement considéré pour la faille du Sahel est de l'ordre de  $0.5 \text{ mm/an} \pm 0.2\text{mm/an}$ .

La faille de Chenoua se situe le long de la chaîne montagneuse de Chenoua jusqu'au Sud, et elle se prolonge dans la mer dans la direction Nord-est. Toujours selon les études du programme Maradja, il est considéré que la faille de Chenoua a une longueur de 50 km et une pente vers le Nord Est de  $45^\circ$ . Le glissement considéré pour cette faille est de  $0.5 \text{ mm/an} \pm 0.2\text{mm/an}$ .

La faille de Blida forme la bande qui va du bassin de la Mitidja jusqu'au Nord et l'atlas Blidien jusqu'au Sud. Cette faille a une longueur considérée par le programme Maradja de 90 km et une profondeur de 20 km. Le glissement considéré pour la faille de Blida est de l'ordre de  $2.5 \text{ mm/an} \pm 1.0\text{mm/an}$ .

La faille de Thenia, est près de la ville de Boumerdes (séisme 2003); elle commence à Alger à partir d'Oued Isser sur une longueur de 35 km. Le glissement considéré pour la faille de Tenia est de l'ordre de  $0.75 \text{ mm/an} \pm 0.25\text{mm/an}$ .

La faille de Khair Al Din et celle de Zemmouri se situent en pleine mer. Leur longueur est estimée à 100 km et leur profondeur à 20 km. Le glissement considéré pour la faille de Khair Al Din est de l'ordre de  $2.5 \text{ mm/an} \pm 1.0\text{mm/an}$ . Celle de Zemmouri est de l'ordre de  $4.0 \text{ mm/an} \pm 1.0\text{mm/an}$ . Il est important de savoir que la faille de Khair Al Din se prolonge vers l'Est jusqu'à Ain El Benian commune qui se situe prêt du quartier de BEO.

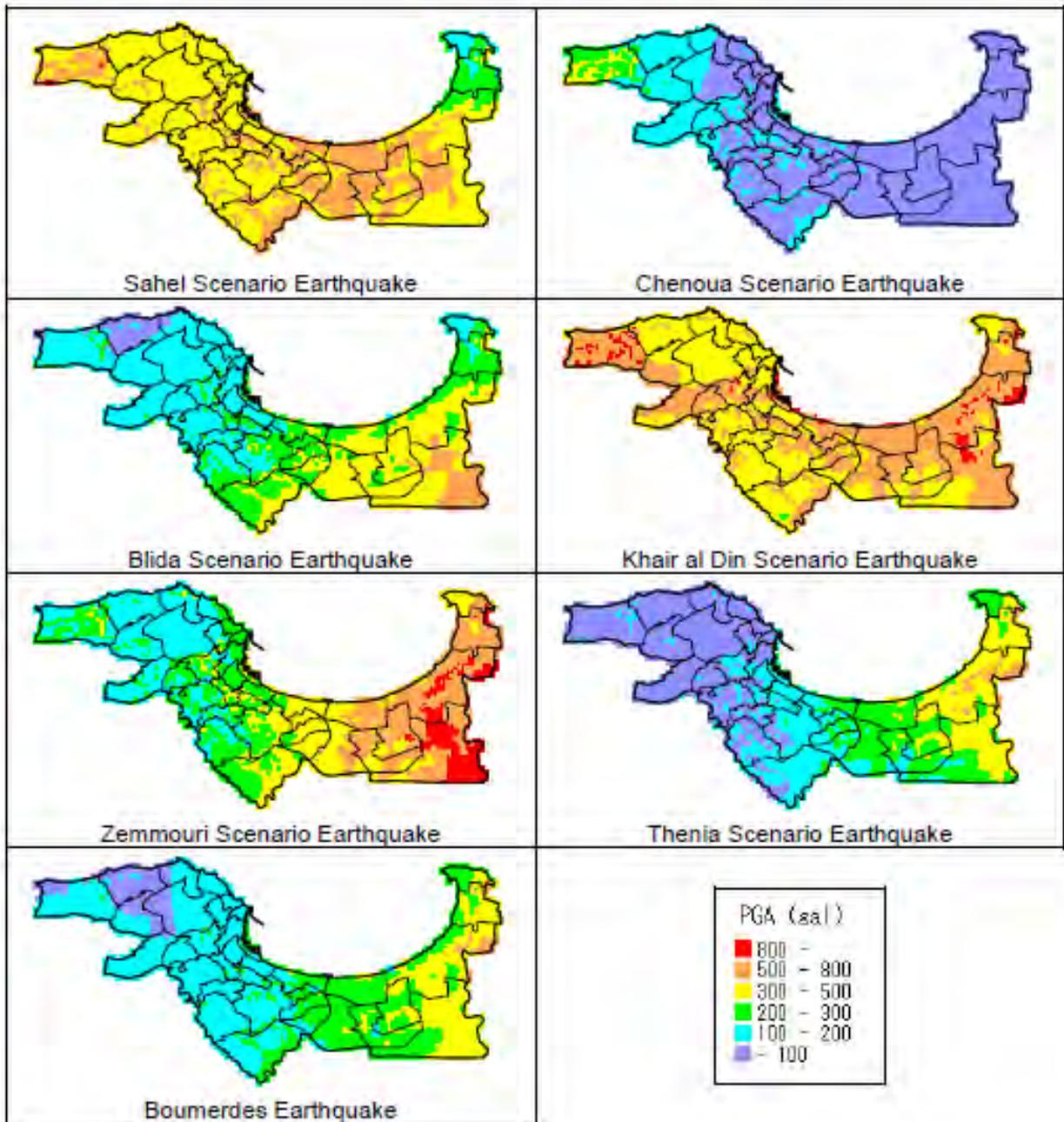


Localisation de failles sismiques (SRTM DEM) 368

Selon la même étude (Maradja), les magnitudes maximales de chaque faille sont estimées selon le tableau suivant : 367

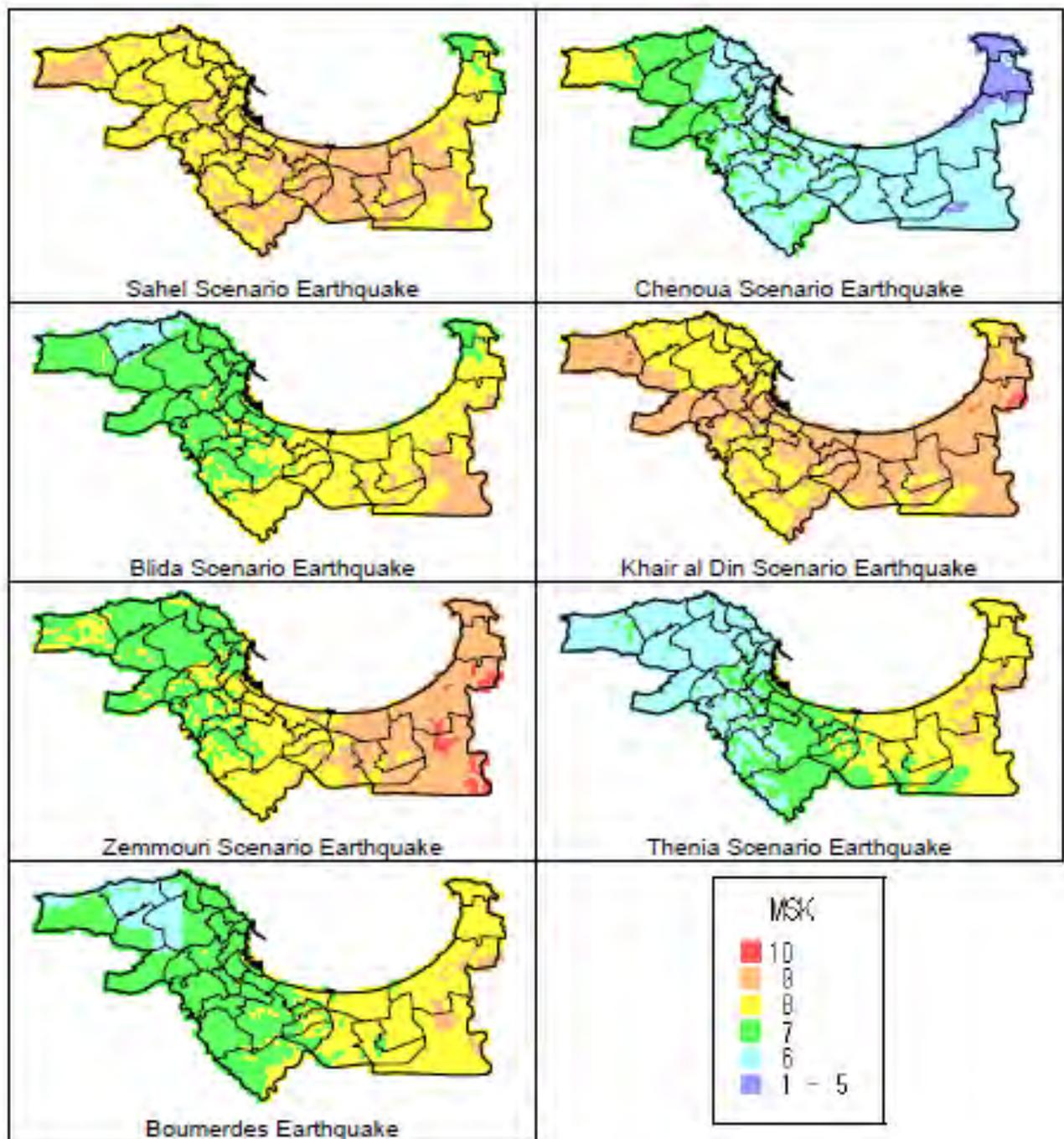
Seismic Source	Upper Bound Magnitude (Mw)	Rupture Area (km <sup>2</sup> )	Slip Rate (mm/yr)	Mw for 475 yr return period
Sahel Fault	7.2 ± 0.3	1590 ± 210	0.5 ± 0.2	5.9 ± 0.3
Chenoua Fault	7.0 ± 0.3	1060 ± 210	0.5 ± 0.2	5.8 ± 0.3
Blida Fault	7.4 ± 0.3	2545 ± 280	2.5 ± 1.0	6.8 ± 0.2
Khair al Din Fault	7.4 ± 0.3	2830 ± 565	2.5 ± 1.0	6.8 ± 0.2
Zemmouri Fault	7.4 ± 0.3	2830 ± 565	4.0 ± 1.0	7.0 ± 0.1
Thenia Fault	6.8 ± 0.3	600 ± 150	0.75 ± 0.25	5.9 ± 0.2

La même étude a fait l'évaluation des accélérations dans la zone algéroise. Les accélérations ont été calculées à partir du substrat rocheux et l'analyse des réactions. Les résultats ont été sous la forme suivante : 369



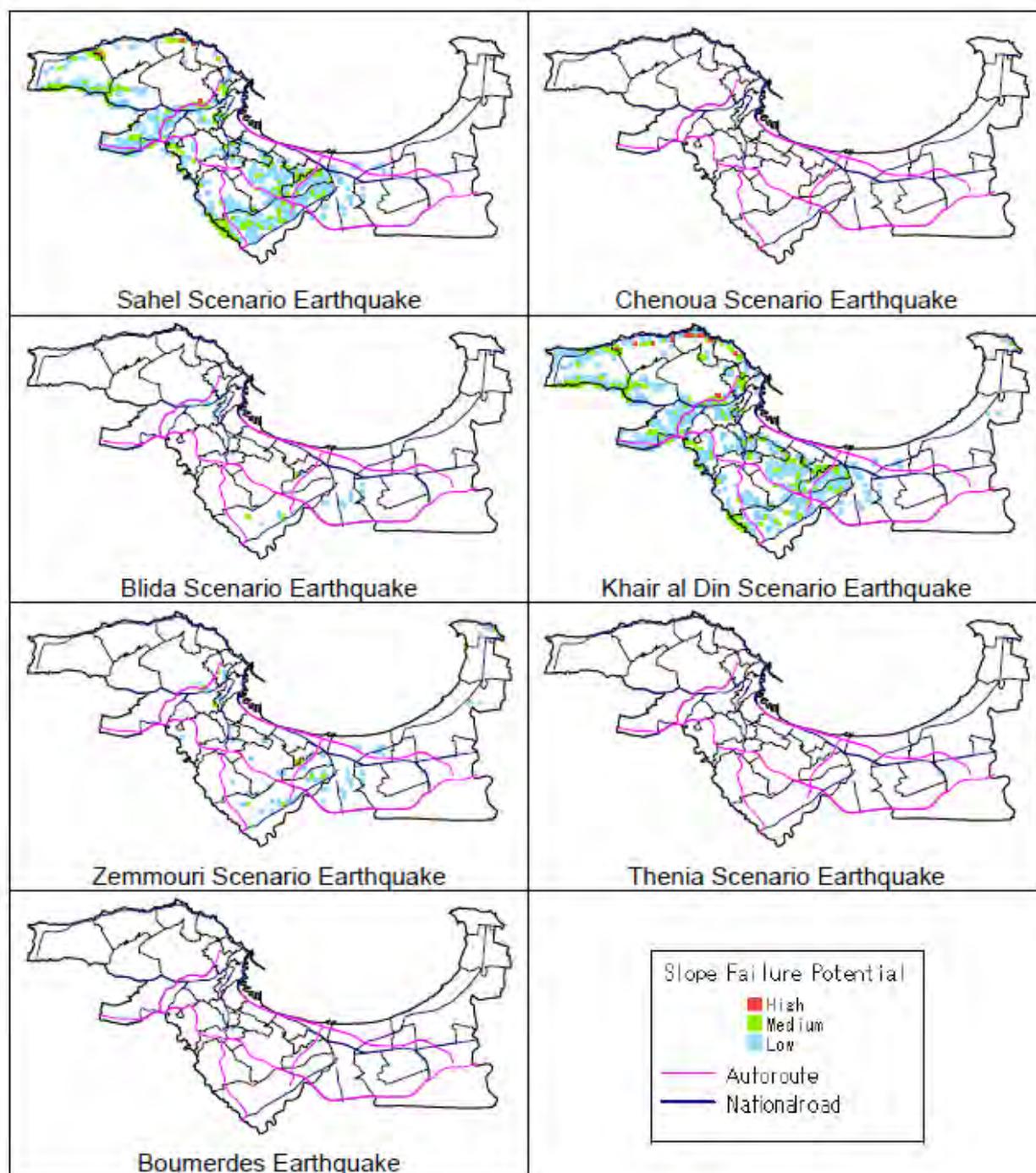
Nous pouvons déduire de ces résultats que **les séismes de Khair Al Din et du Sahel sont ceux qui risquent de provoquer les accélérations les plus violentes (300 à 800 Gal) parmi toutes les failles existantes dans la région en ce qui concerne le quartier de BEO.** Le séisme que l'on peut considérer aussi potentiellement destructeur pour BEO est celui de Zemmouri avec des accélérations entre 200 et 300 (Gal). 370

Ces mêmes séismes peuvent engendrer les intensités sismiques suivantes, sous l'échelle MSK (selon l'étude Maradja): 371



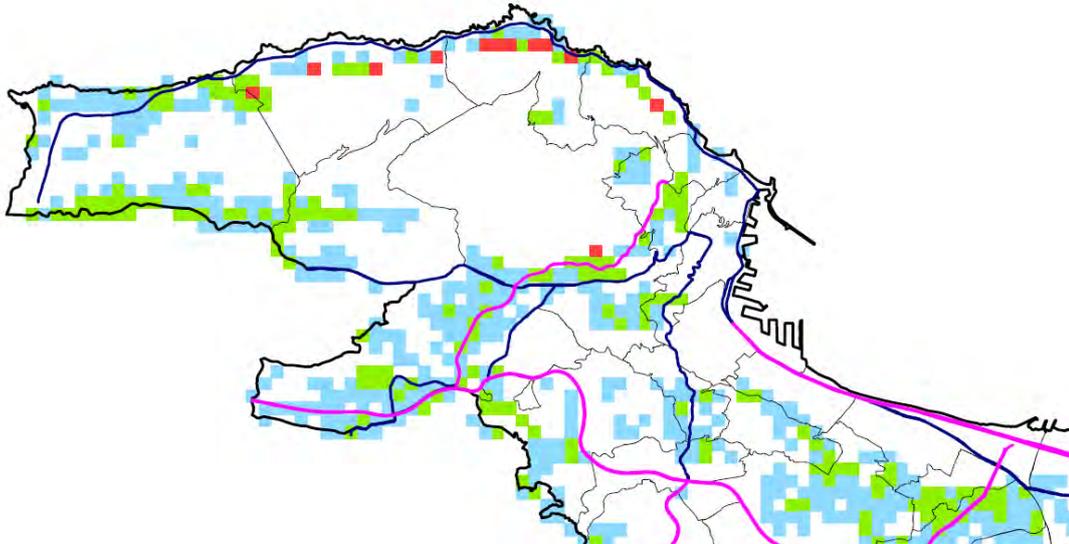
On observe que les séismes de Khair Al Din et du Sahel provoquent les intensités les plus importantes pour le quartier de BEO, qui sont de l'ordre de 8 à 9 sous l'échelle MSK. Celles-là reflètent une destruction importante du quartier.

La même étude nous a permis de localiser les différents glissements et mouvement de terrain selon chaque séisme, et le résultat est notifié sur les cartes suivantes : 372

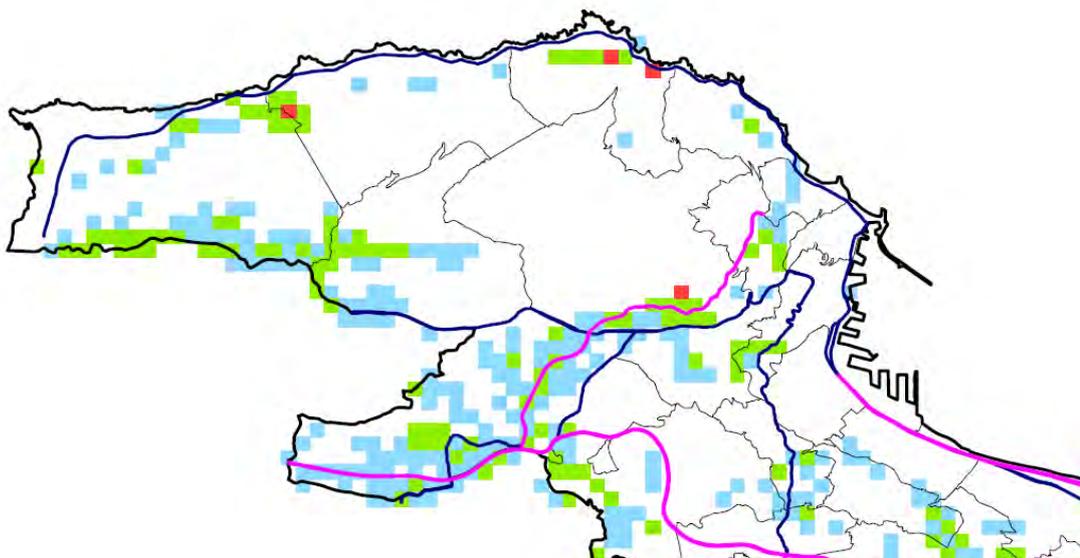


Nous pouvons observer que les séismes de Khair Al Din et du Sahel sont susceptibles de provoquer des glissements importants dans la capitale algéroise, et cela dans la partie Ouest de la ville.

Pour le quartier de BEO, les deux séismes provoqueront des glissements considérables qui peuvent bloquer l'autoroute de Frais Valons comme le montre clairement la carte qui suit. Les glissements sont repartis sur tout le long de cette autoroute qui est à forte urbanisation. Ce phénomène secondaire dû au séisme peut sérieusement aggraver la situation ainsi que limiter les moyens terrestres d'intervention dans la zone du quartier de BEO. **Le scénario le plus extrême est celui d'une combinaison entre le séisme et un phénomène météorologique important, qui peut transformer les glissements de terrain en une sérieuse coulée de boue.**

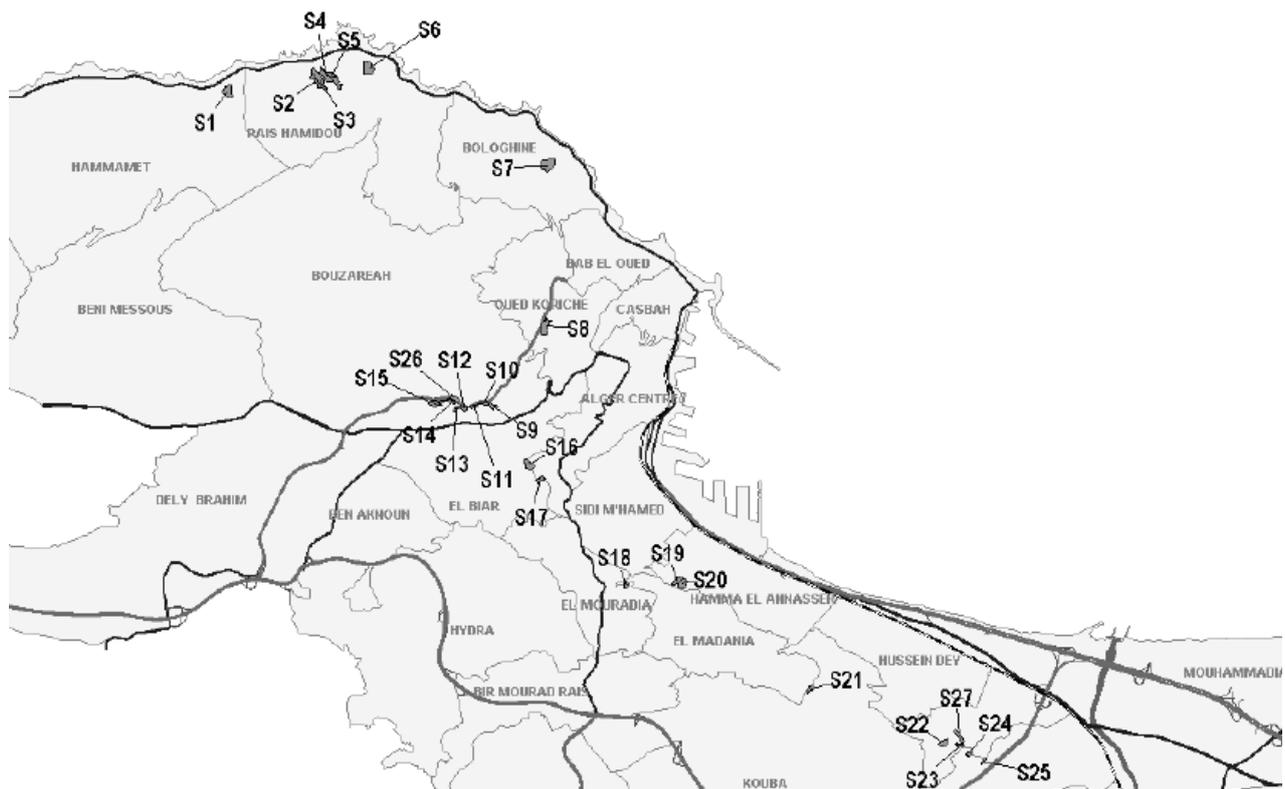


Seisme de Khair Al Din 373



Seisme du Sahel 374

Nous pouvons observer dans les cartes précédentes que le séisme de Khair El Din peut provoquer des glissements de terrains de moyenne intensité. La carte suivante localise les glissements attendus: 375



Nous pouvons observer d'après cette carte **une concentration importante des glissements sur l'autoroute Vrais Valons** : S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S26. Et cela au niveau de la commune d'El Biar et de Bouzareah, ainsi qu'une légère partie de glissement dans la commune d'Oued Koriche. Aucun glissement n'est prévu dans la commune de BEO.

## 1.5.2- Typologie des constructions dans le quartier de BEO :

Dans la ville d'Alger il existe différents types de structure, on peut les énumérer comme suit :

- Les structures en briques dans le quartier de la Casbah.
- Les structures en brique et en pierre.
- Les structures en béton armé (B.A) calculées selon un pré-code.
- Les structures en B.A calculées selon le code parasismique (RPA) de 1981, 1983,1988.
- Les structures en B.A calculées selon le RPA99.
- Les structures en B.A calculées selon le RPA2003.
- Les structures mixtes.
- Les structures métalliques.

Le tableau suivant montre le pourcentage des différentes structures dans chaque commune de la ville d'Alger : 376

Type of Structure	ID	1601	1602	1603	1604	1605	1606	1607	1608	1609	1610	1611	1612
	COMMUNE	ALGER CENTER	SIDI M HAMED	EL MADANIA	HAMMA EL ANNASSER	BAB EL OUED	BOLOGHINE	CASBAH	OUED KORICHE	BIR MOURAD RAIS	EL BIAR	BOUZAREAH	BIRKHADEM
Old Brick Masonry at Casbah	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stone and Brick Masonry	%	77.4	66.0	72.4	12.5	75.5	37.5	64.3	46.7	25.0	33.3	15.8	31.3
RC Frame Pre-code	%	20.8	30.0	13.8	75.0	18.4	50.0	0.0	53.3	41.7	56.7	68.4	65.6
RC Frame Low-code	%	0.0	4.0	3.4	12.5	4.1	8.3	0.0	0.0	4.2	6.7	2.6	0.0
Steel	%	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RC Wall	%	0.0	0.0	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	3.3	10.5	3.1
RC Frame Medium-code	%	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	2.6	0.0
RC Frame High-code	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Type of Structure	ID	1613	1615	1616	1617	1618	1619	1620	1621	1622	1623	1624	1625
	COMMUNE	EL HARRACH	OUED SMAR	BOUROUBA	HUSSEIN DEY	KOUBA	BACH DJARAH	DAR EL BEIDA	BAB EZZOUAR	BEN AKNOUN	DELY BRAHIM	HAMMAMET	RAIS HAMIDOU
Old Brick Masonry at Casbah	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stone and Brick Masonry	%	55.6	0.0	25.6	46.4	25.0	18.0	0.0	3.9	9.1	0.0	18.2	41.7
RC Frame Pre-code	%	37.0	91.7	62.8	39.3	35.7	48.0	44.0	21.6	54.5	82.4	81.8	41.7
RC Frame Low-code	%	0.0	8.3	4.7	3.6	10.7	12.0	32.0	15.7	0.0	5.9	0.0	0.0
Steel	%	0.0	0.0	0.0	3.6	1.8	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RC Wall	%	3.7	0.0	2.3	3.6	26.8	22.0	16.0	49.0	36.4	0.0	0.0	16.7
RC Frame Medium-code	%	3.7	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0
RC Frame High-code	%	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	11.8	0.0	0.0

Type of Structure	ID	1626	1627	1628	1629	1630	1631	1632	1639	1640	1644	Total
	COMMUNE	DJASR KACENTINA	BELOUIDAD	HYDRA	MOHAMMADIA	BORDJ EL KIFFAN	EL MAGHARIA	BENI MESSOUS	BORDJ EL BAHRI	EL MARSA	AJN BENIAN	
Old Brick Masonry at Casbah	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Stone and Brick Masonry	%	10.9	84.8	0.0	13.0	15.3	11.8	10.0	13.3	20.0	24.1	33.6
RC Frame Pre-code	%	37.0	6.1	75.0	34.8	18.6	58.8	50.0	66.7	80.0	44.8	40.6
RC Frame Low-code	%	10.9	0.0	0.0	30.4	49.2	5.9	30.0	13.3	0.0	24.1	10.0
Steel	%	2.2	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
RC Wall	%	39.1	9.1	20.0	21.7	3.4	23.5	10.0	6.7	0.0	6.9	11.9
RC Frame Medium-code	%	0.0	0.0	5.0	0.0	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
RC Frame High-code	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4

D'après le tableau, la commune de BEO, est composée de bâtiments ayant les structures suivantes :

- Les structures en brique et en pierre 75.5%.
- Les structures en béton armé (B.A) calculées selon un pré-code 18.4%.
- Les structures en B.A calculées selon le code parasismique (RPA) de 1981, 1983,1988, 4.1%.
- Les structures métalliques 2%.



Construction en béton armé à BEO (377)



Construction métallique (377)



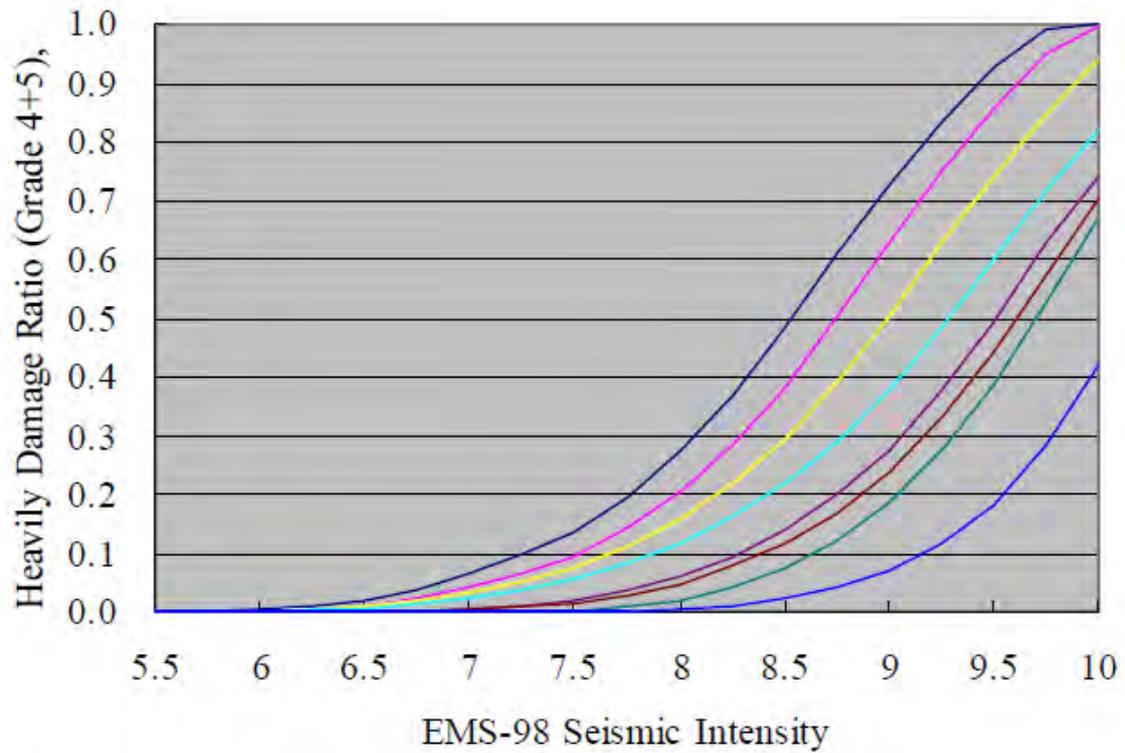
Construction en brique et en pierre (377)



Construction en béton armé (377)

Cette information nous donne une parfaite vision de la vulnérabilité du quartier de BEO, par l'ancienneté de ses ouvrages, par la vétusté et le manque d'entretien de ceux-là, et enfin par le type de structure qui compose le tissu urbain et sa faible capacité de résistance lors d'un séisme. Sans oublier aussi la densification du tissu urbain et le problème démographique de la région.

Nous pouvons constater cette observation à travers le graphique ci-dessous qui montre clairement la faiblesse des structures qui composent les édifices du quartier de BEO devant un évènement sismique comme celui de Khair Al Din ou celui du Sahel. La structure en brique de maçonnerie qui compose le quartier de la Casbah est la plus vulnérable par son aspect mécanique faible, en plus du fait du délaissement de ce tissu historique par les institutions du pays et le fait que cette zone abrite une population très pauvre qui n'a pas les moyens d'entretenir une si importante partie de la ville. Puis vient la structure en brique et pierre qui compose 75.5% du quartier de BEO, cette structure s'avère aussi très faible devant des séismes importants. Et enfin les structures en béton armé (pré-code, code RPA81, 83,88) qui sont moyennement résistantes durant de tels événements.



- Brick Masonry at Casbah
- Stone and Brick Masonry
- RC Frame Pre-Code (Non-Engineered)
- RC Frame Low-Code (RPA81(83),88)
- Steel
- RC Wall, RC Wall and Frame (Mixed)
- RC Frame Moderate-Code (RPA99)
- RC Frame High-Code (RPA99ver2003)

(378)

La recherche « Maradja » a effectué le scénario suivant des pertes matérielles et humaines dans les différentes communes de la ville d'Alger selon les différents séismes probables : 379

ID	Commune Name	Inventory		Khair al Din Scenario eq.				Zemmouri Scenario eq.				2003 Boumerdes eq.			
		Building	Housing Unit	Building		Housing Unit		Building		Housing Unit		Building		Housing Unit	
1601	ALGER CENTRE	3,396	16,219	1,395	41%	6,662	41%	379	11%	1,808	11%	98	3%	468	3%
1602	SIDI M'HAMED	2,206	13,863	922	42%	5,795	42%	235	11%	1,475	11%	65	3%	411	3%
1603	EL MADANIA	3,124	8,788	1,435	46%	4,037	46%	492	16%	1,384	16%	148	5%	417	5%
1604	HAMMA EL ANASSER	2,169	8,594	834	38%	3,305	38%	265	12%	1,049	12%	79	4%	312	4%
1605	BAB EL OUED	1,884	13,184	616	33%	4,311	33%	155	8%	1,081	8%	28	1%	198	1%
1606	BOLOGHINE	2,933	6,643	899	31%	2,037	31%	212	7%	479	7%	39	1%	89	1%
1607	CASBAH	2,739	10,175	1,067	39%	3,963	39%	282	10%	1,049	10%	57	2%	211	2%
1608	OUED KORICHE	2,585	8,823	978	38%	3,337	38%	246	10%	838	10%	63	2%	216	2%
1609	BIR MOURAD RAIS	4,696	6,927	1,249	27%	1,842	27%	331	7%	488	7%	92	2%	135	2%
1610	EL BIAR	7,408	8,616	3,393	46%	3,946	46%	820	11%	953	11%	249	3%	290	3%
1611	BOUZAREAH	9,804	11,098	2,633	27%	2,980	27%	454	5%	514	5%	80	1%	91	1%
1612	BIRKHADEM	6,459	8,455	1,852	29%	2,424	29%	617	10%	807	10%	187	3%	244	3%
1613	EL HARRACH	4,560	7,296	2,076	46%	3,321	46%	1,555	34%	2,487	34%	499	11%	799	11%
1615	OUED SMAR	3,455	3,092	1,339	39%	1,199	39%	1,352	39%	1,210	39%	411	12%	368	12%
1616	BOUROUBA	4,808	9,385	1,892	39%	3,692	39%	1,259	26%	2,457	26%	431	9%	841	9%
1617	HUSSEIN DEY	4,630	8,015	2,155	47%	3,730	47%	1,024	22%	1,772	22%	329	7%	569	7%
1618	KOUBA	8,940	15,913	2,884	32%	5,133	32%	1,195	13%	2,127	13%	355	4%	632	4%
1619	BACH DJERAH	6,041	15,048	1,895	31%	4,720	31%	1,119	19%	2,787	19%	378	6%	941	6%
1620	DAR EL BEIDA	8,094	6,095	2,941	36%	2,215	36%	3,848	48%	2,897	48%	1,336	17%	1,006	17%
1621	BAB EZZOUAR	5,138	13,544	1,490	29%	3,928	29%	1,531	30%	4,036	30%	418	8%	1,103	8%
1622	BEN AKNOUN	3,299	3,391	1,009	31%	1,037	31%	166	5%	171	5%	42	1%	43	1%
1623	DELY BRAHIM	3,813	4,526	1,309	34%	1,554	34%	198	5%	235	5%	51	1%	60	1%
1624	HAMMAMET	2,223	3,283	687	31%	1,015	31%	98	4%	145	4%	15	1%	23	1%
1625	RAIS HAMIDOU	3,364	3,169	1,047	31%	987	31%	200	6%	188	6%	35	1%	33	1%
1626	DJASR KACENTINA	3,458	12,639	785	23%	2,870	23%	424	12%	1,549	12%	132	4%	484	4%
1627	EL MOURADIA	3,277	5,017	1,675	51%	2,565	51%	512	16%	783	16%	157	5%	241	5%
1628	HYDRA	6,980	6,080	1,967	28%	1,714	28%	417	6%	363	6%	111	2%	97	2%
1629	MOHAMMADIA	4,321	6,749	1,671	39%	2,610	39%	1,304	30%	2,036	30%	369	9%	576	9%
1630	BORDJ EL KIFFAN	10,915	14,375	4,637	42%	6,107	42%	4,911	45%	6,468	45%	1,822	17%	2,400	17%
1631	EL MAGHARIA	2,643	4,559	974	37%	1,680	37%	493	19%	851	19%	153	6%	264	6%
1632	BENI MESSOUS	2,254	2,630	821	36%	958	36%	125	6%	146	6%	33	1%	38	1%
1639	BORDJ EL BAHRI	4,724	4,030	1,799	38%	1,535	38%	2,022	43%	1,724	43%	738	16%	629	16%
1640	EL MARSА	1,330	1,366	504	38%	518	38%	556	42%	571	42%	217	16%	223	16%
1644	AIN BENIAN	6,362	8,252	2,986	47%	3,873	47%	385	6%	499	6%	108	2%	140	2%
	Total	154,032	279,838	55,817	36%	101,600	36%	29,176	19%	47,430	17%	9,327	6%	14,592	5%

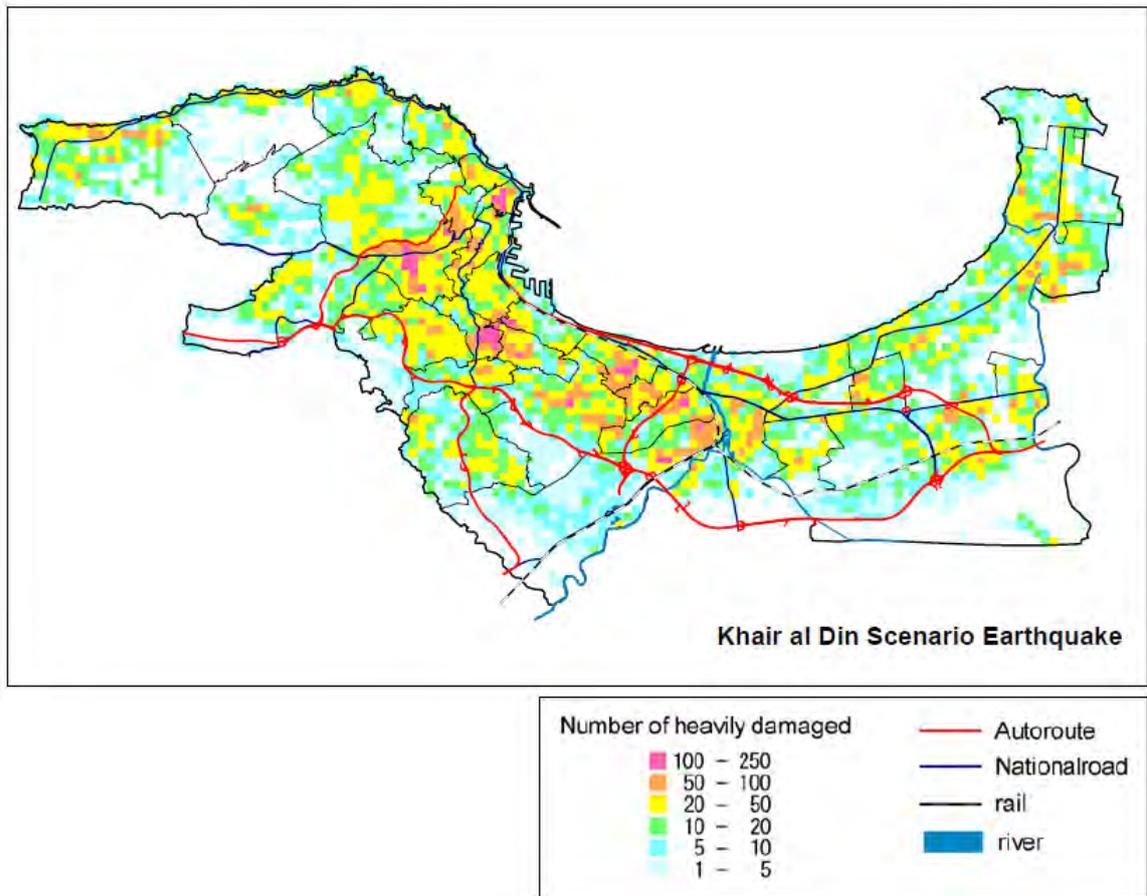
À partir de ce tableau, nous pouvons clairement voir que le quartier de BEO subira des pertes considérables sur les 1884 édifices et 13184 maisons qui le constituent : 380

- Séisme de Khair Al Din : 616 édifices (33%) et 4311 maisons (33%)
- Séisme de Zemmouri: 155 édifices (8%) et 1081 maisons (8%)
- Séisme de Boumerdes : 28 édifices (1 %) et 198 maisons (1%)

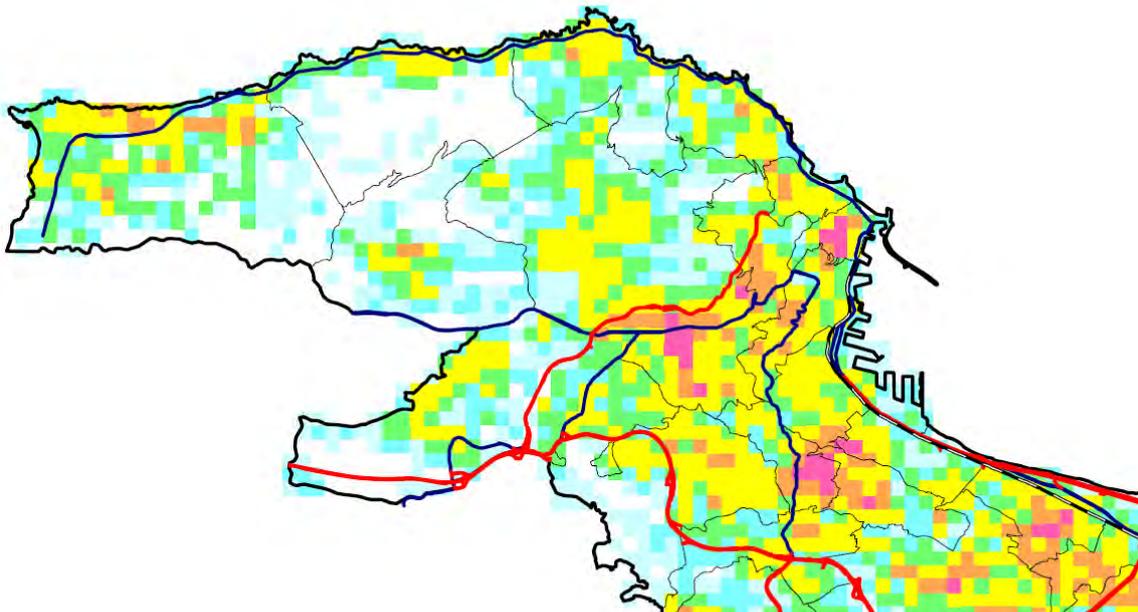
ID	Commune Name	Population (x1,000)	Khair al Din Scenario eq.			Zemmouri Scenario eq.			2003 Boumerdes eq.		
			Killed (x1,000)	Injured (x1,000)	Homeless (x1,000)	Killed (x1,000)	Injured (x1,000)	Homeless (x1,000)	Killed (x1,000)	Injured (x1,000)	Homeless (x1,000)
1601	ALGER CENTRE	96.3	0.9	3.1	39	0.2	1.1	11	0.0	0.0	3
1602	SIDI M'HAMED	90.5	0.8	2.8	37	0.1	0.9	9	0.0	0.0	3
1603	EL MADANIA	51.4	0.5	2.1	23	0.1	0.9	8	0.0	0.0	2
1604	HAMMA EL ANNASSER	59.2	0.4	1.8	22	0.1	0.6	7	0.0	0.0	2
1605	BAB EL OUED	87.6	0.5	2.2	28	0.1	0.7	7	0.0	0.0	1
1606	BOLOGHINE	43.3	0.2	1.2	13	0.0	0.0	3	0.0	0.0	1
1607	CASBAH	50.5	0.5	2.1	19	0.1	0.6	5	0.0	0.0	1
1608	OUED KORICHE	53.4	0.4	1.9	20	0.0	0.5	5	0.0	0.0	1
1609	BIR MOURAD RAIS	43.3	0.2	1.1	11	0.0	0.0	3	0.0	0.0	1
1610	EL BIAR	52.6	0.5	2.1	24	0.1	0.6	6	0.0	0.0	2
1611	BOUZAREAH	69.2	0.4	1.7	18	0.0	0.1	3	0.0	0.0	1
1612	BIRKHADEM	55.1	0.3	1.4	16	0.0	0.4	5	0.0	0.0	2
1613	EL HARRACH	48.2	0.4	1.8	22	0.3	1.5	16	0.0	0.4	5
1615	OUED SMAR	21.4	0.1	0.7	8	0.1	0.8	8	0.0	0.0	3
1616	BOUROUBA	77.5	0.5	2.0	30	0.3	1.5	20	0.0	0.5	7
1617	HUSSEIN DEY	49.9	0.5	2.0	23	0.2	1.1	11	0.0	0.2	4
1618	KOUBA	105.3	0.7	2.5	33	0.2	1.3	14	0.0	0.3	4
1619	BACH DJERAH	90.1	0.6	2.4	28	0.3	1.6	16	0.1	0.6	6
1620	DAR EL BEIDA	44.8	0.2	1.3	16	0.3	1.7	21	0.1	0.6	7
1621	BAB EZZOUAR	92.2	0.5	2.1	26	0.5	2.1	27	0.1	0.7	7
1622	BEN AKNOUN	19.4	0.1	0.6	6	0.0	0.0	1	0.0	0.0	0
1623	DELY BRAHIM	30.6	0.1	1.0	10	0.0	0.0	2	0.0	0.0	0
1624	HAMMAMET	19.7	0.1	0.6	6	0.0	0.0	1	0.0	0.0	0
1625	RAIS HAMIDOU	21.5	0.1	0.6	7	0.0	0.0	1	0.0	0.0	0
1626	DJASR KACENTINA	82.7	0.3	1.6	18	0.1	1.0	10	0.0	0.0	3
1627	EL MOURADIA	29.5	0.3	1.5	15	0.0	0.4	5	0.0	0.0	1
1628	HYDRA	35.7	0.2	1.1	10	0.0	0.0	2	0.0	0.0	1
1629	MOHAMMADIA	42.1	0.3	1.5	16	0.2	1.2	12	0.0	0.2	4
1630	BORDJ EL KIFFAN	103.7	0.8	2.9	43	0.8	3.0	46	0.3	1.4	17
1631	EL MAGHARIA	30.5	0.2	1.0	11	0.0	0.5	6	0.0	0.0	2
1632	BENI MESSOUS	17.5	0.1	0.6	6	0.0	0.0	1	0.0	0.0	0
1639	BORDJ EL BAHRI	27.9	0.1	1.0	10	0.2	1.1	12	0.0	0.2	4
1640	EL MARSA	8.8	0.0	0.1	3	0.0	0.2	4	0.0	0.0	1
1644	AIN BENIAN	52.3	0.5	2.1	24	0.0	0.0	3	0.0	0.0	1
	Total	1,803.3	12.0	54.7	642	4.6	25.2	311	0.6	5.0	97

Pour ce qui concerne les victimes et blessés, cette recherche estime les pertes pour une population de 87600 dans le quartier de BEO à : 381

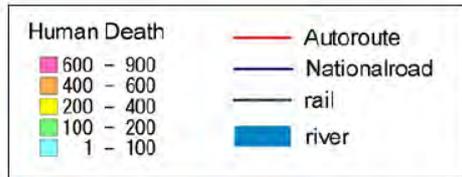
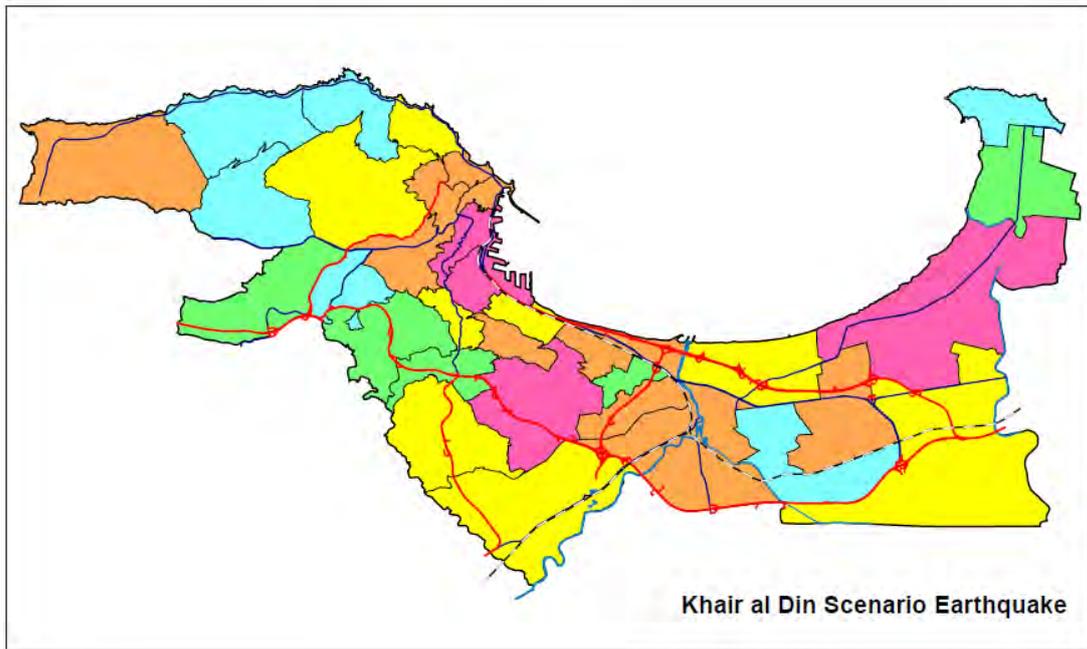
- Séisme de Khair Al Din : 500 morts, 2200 blessés, 28000 sans domicile.
- Séisme de Zemmouri: 100 morts, 700 blessés, 7000 sans domicile.
- Séisme de Boumerdes : 0 morts, 0 blessés, 1000 sans domicile.



Nombre des dommages durant le séisme de Khair Al Din dans la ville d'Algier (382)



Nombre des dommages durant le séisme de Khair Al Din dans le quartier de BEO (382)



Nombre des victimes durant le séisme de Khair Al Din dans la ville d'Alger (382)



Nombre des victimes durant le séisme de Khair Al Din dans le quartier de BEO (382)

## 2- Proposition urbaine pour la réduction des risques géologiques dans le quartier de Bab El'Oued (BEO) :

### 2.1- La prévention des risques et la gestion des crises dans le quartier de BEO :

#### 2.1.1- La bonne prévention des risques dépend de certains éléments principaux :

- La **prise de conscience vis-à-vis des risques par les politiques** et les administrateurs à tous les niveaux de la société.
- La **bonne formation** des scientifiques et des ingénieurs, ainsi que les urbanistes et les architectes.
- La présence et la **disponibilité du financement** pour un développement durable de la ville, ainsi que pour la réorganisation, le réaménagement, la restauration ainsi que la dédensification du tissu urbain existant, et la construction de nouveaux projets prenant en considération les risques géologiques.
- **L'intégration de la construction parasismique et anti inondations dans les ouvrages** à haute importance, comme les hôpitaux (Hôpital Mallot), les centres d'interventions (Caserne de BEO), les bâtiments du gouvernement (La Direction Générale de la Sûreté Nationale), afin que ces bâtiments soient fonctionnels durant et après l'événement.
- **L'élaboration des cartes de risques du quartier de BEO** (Carte des aléas, carte de vulnérabilité)
- **L'élaboration des plans d'intervention et d'évacuation.**
- La **vulgarisation des phénomènes de risque et des plans d'intervention et d'évacuation** pour la population locale.

#### 2.1.2- La bonne gestion de la crise dépend elle de :

- La **bonne communication entre le politique et le scientifique.**
- La **bonne coordination et organisation**, ainsi qu'une bonne communication entre les différents corps intervenants (le gouvernement « cabinet du premier ministre », le ministère de la défense « l'armée », le ministère de l'intérieur « la police et les pompiers », les administrations « la Mairie et la Daïra », les centres de recherches (le Centre de Recherche en Astronomie Astrophysique et Géophysique GRAAG, Centre

National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique CGS, Office National de Météorologie ONM, et autres).

- La pratique (sous forme d'exercices) et la **mise à jour** (selon les nouvelles données) des plans d'interventions et d'évacuation.
- La disponibilité du **financement** et du matériel nécessaire pour la gestion de la crise de manière suffisante.
- La mise en place d'une **stratégie de relèvement rapide** (déblayement, reconstruction)

### 2.1.3- Les mesures de renforcement de la stratégie de prévention et gestion des risques :

Nous pouvons aussi proposer certaines mesures importantes qui renforcent considérablement la prévention et la gestion des risques :

- La mise en place d'un réseau de **surveillance et d'alerte** :

Dans le cas du risque des inondations, il est important que la région d'Alger, dont le quartier de BEO, soit dotée d'un réseau de surveillance et d'alerte efficace contre les inondations. Ce système nous permettra de donner l'alerte aux institutions concernées comme le gouvernement (premier ministre), l'armée, les pompiers, la police, et de donner aussi le signal d'évacuation à la population vers les zones prescrites dans les plans de préventions, et des exercices effectuer durant l'année. Ce réseau devra être mis en place par l'Office National de la Météorologie (ONM) en coordination avec les différentes institutions du pays.

Dans le cas du risque sismique, l'alerte est difficile à donner d'une manière sûre et précise. C'est pour cela qu'un système d'alerte est difficile à mettre en place pour ce phénomène. Par contre nous pouvons installer un réseau de surveillance de tsunami malgré le fait que celui-là ne représente pas un grand risque, mais toutefois il peut causer des dommages et des inconvénients pour l'intervention en cas de catastrophe (Inondation de la Route National en bord de mer), car par le passé, la basse casbah fût inondée par un tsunami (vagues de 2-3m de hauteur) durant le séisme de 1365.

Les réseaux d'alertes doivent communiquer un signal aux centres de surveillance et d'alerte, en même temps que la personne responsable de la prise de décision au niveau gouvernemental, et les différents centres de recherches. Car cela permet de commencer une première ligne de communication entre le politique et les scientifiques, car un état de la situation doit être évalué très rapidement afin de lancer l'étape de l'intervention et de l'évacuation si cela est nécessaire.

- Le développement d'un procédé de **prise de décision** :

Dans le cas d'un événement majeur identique ou supérieur à celui du 10 novembre 2001, il est important que la prise de décision soit immédiate et rapide, donnant un élan important aux différents corps d'intervention et permettant ainsi de sauver des vies. La problématique de la prise de décision est sous deux formes :

- ❖ La lenteur de la prise de décision est due au fait que l'armée et le gouvernement du pays sont très hiérarchisés.
- ❖ Le manque de communication entre le politique et le scientifique.

Dans certaines sociétés conservatrices comme le Japon, la prise de décision se fait en groupe, et induit une perte de temps considérable, car la réunion demande la présence de toutes les personnes du comité. Cette méthodologie diminue le poids de la responsabilité sur chaque individu, mais elle ralentit considérablement le temps de prise de décision. En Algérie, ce n'est pas le même cas, mais la prise de décision est lente par cause de la hiérarchisation des institutions. Il est selon nous, préférable que la prise de décision soit la responsabilité d'une personne qui dispose d'un grade ou d'une position importante dans le gouvernement, par exemple : « le premier ministre, ou le ministre de l'intérieur ». Une deuxième personne peut seconder en cas de besoin.

Le deuxième point est l'une des clés de la réussite de la prévention et de la gestion des risques, car souvent les politiques communiquent très mal avec les scientifiques. Prenant l'exemple d'une ville où le risque sismique est important. Dans le cas où les scientifiques donnent l'alerte qu'un séisme important doit se produire dans la région (x) le jour (x), et que les politiques décident l'évacuation de la ville afin de protéger la population, et que le séisme ne se produit pas le jour défini par les scientifiques, cela implique un échec aux yeux des politiques, qui accepteraient mal une évacuation inutile.

Les politiques ne sont pas prêts à accepter non plus l'évacuation de la population sur une durée de plusieurs jours, voir des semaines, car cela représente des pertes économiques importantes et un échec politique pour de futures élections. Malheureusement dans ce genre de situation il est impossible pour les scientifiques de donner avec exactitude le jour où se produira le séisme.

Nous pensons qu'une formation sur les risques géologiques est indispensable pour les politiques afin de comprendre la situation dans laquelle les scientifiques se trouvent, ainsi que leur incapacité de déterminer les événements d'une manière précise. Il est important aussi que ces formations montrent les avantages que peuvent avoir les politiques dans le cas d'une évacuation de la population et cela au niveau économique, social, et enfin électoral. Pour ce qui concerne les scientifiques, il est nécessaire de les former pour qu'ils puissent communiquer avec les politiques, et les convaincre sur la nécessité de l'évacuation, et leur intérêt à court et long terme à travers cette situation.

- La construction d'une **stratégie d'intervention et d'évacuation** :

Après la prise de décision par les responsables du gouvernement, les plans d'intervention et d'évacuation sont mis en marche.

Les points suivants sont recommandés dans l'élaboration des plans d'intervention et d'évacuation du quartier de BEO :

- Le plan d'intervention doit montrer clairement les tâches, le rôle et la zone d'intervention de chaque corps.
- Le plan d'intervention doit prendre en considération les cartes des risques, qui déterminent les zones à haut, moyen et bas risque.
- Les plans d'intervention et d'évacuation doivent prendre en considération les routes et voies d'évacuations sûres, à travers les différents scénarii de catastrophes mis en place par les scientifiques.
- Les corps d'intervention et d'évacuation doivent effectuer un recensement de la disponibilité des ressources : matériels, logistique et humaine.
- La mise à jour des plans d'intervention et d'évacuation durant la crise, par l'utilisation du GIS (Geographic Information System) et la télédétection satellite.
- Les plans d'évacuation doivent permettre de conduire la population vers des zones plus sûres pour exemple : stades, terrains vagues, gymnases et autres.
- Les plans d'intervention et d'évacuation doivent être exercés grâce à des simulations au moins une fois par an, et être disponible à la population sous format vidéo et papier, et cela dans les écoles, universités, lieu de travail et sur des panneaux urbains.

- L'**information** de la population :

La population de BEO est très mal informée sur les risques qui la guettent, et malgré qu'une minorité de celle-là soit consciente de cette problématique, elle reste impuissante devant une telle situation. Nous pensons qu'il est urgent de procéder à la vulgarisation de ces

phénomènes dans les écoles et dans les lieux de travail. Il est important que toute la population comprenne les risques qui résident dans la région et apprennent les réflexes à prendre durant de telles situations.

- Ecoles primaires et secondaires :

L'information de la population commence au niveau scolaire, par l'introduction des notions des risques dans les manuscrits des écoliers ainsi que par la diffusion de vidéos, de dessins animés, et des bandes dessinées. Cela inculque à l'enfant des notions de base en lui apprenant les réflexes à prendre en cas d'évènement majeur. N'oublions pas que cet enfant est appelé à être un adulte ce qui veut dire que à travers cette approche nous construisons une future génération qui sera consciente des dangers et des risques, et qui seront à des postes de décision dans la société algérienne, ce qui facilitera la problématique de la communication dans le futur.

- Education supérieure

L'information passe aussi par les universitaires, car ceux là sont appelés à intégrer très vite les poste clés de la société, ce qui nous pousse à travailler sur leur sensibilisation par la diffusion de vidéos, la distribution de prospectus, organiser des conférences d'experts, faire des expositions sur le thème des risques, et faire des excursions vers la découverte et la compréhension de ces phénomènes accompagnées par des experts. Cela est valable aussi dans les lieux de travail, où des séances d'informations sous forme de conférence ou de petite formation, peuvent être proposées par les établissements.

- Lieux d'informations :

Enfin, pour ce qui n'est pas dans les champs des écoliers, des universitaires, et des travailleurs, il est important d'installer des lieux d'information qui proposent des prospectus et des vidéos gratuites ou à louer à la population, et de proposer des séances d'informations sur les risques. Nous pensons aussi que la radio et la télévision peuvent jouer un rôle important dans cette phase de prévention et de gestion des risques, par la diffusion de spots publicitaires, de documentaires, de films, des débats et autre.

- Une culture du risque :

Cette partie de la stratégie de prévention et de gestion des risques, a pour but de développer une culture du risque dans la mentalité de la population, nous pensons que l'éducation de la population vis-à-vis des risques peut aider considérablement à la réussite des plans de prévention, d'intervention et d'évacuation mis en place.

- Le **réaménagement** urbain

#### 2.1.4- L'acupuncture urbaine pour la prévention des risques d'inondations dans le quartier de BEO :

Le concept de l'acupuncture urbaine réside dans le fait que l'on ne peut modifier mais que l'on peut promouvoir les interventions à effectuer sur le tissu.

Dans le quartier de BEO pour le cas des inondations, nous pouvons proposer les interventions suivantes :

##### 1. La re-naturalisation du cours d'eau de l'Oued M' Kessel :

Malgré les efforts des institutions du pays à solutionner, la problématique des inondations dans le quartier de BEO, par le dédoublement du collecteur du Oued m'Kessel, nous pensons qu'il aurait fallu plutôt redonner à la nature ses droits élémentaires, par **la re-naturalisation du cours de Oued M'Kessel**. Cela voudrait dire que l'autoroute de Frais Valon devrait être déplacée ou surélevée, et transformer le lit de l'oued en espace de loisirs et éviter toute construction sur celui-là. Un projet de **délocalisation de l'autoroute de Frais Valon** devrait être réfléchi, ou la construction d'un pont plus élevé que la hauteur maximale des crues connues à travers l'histoire du Oued M'Kessel. Il est aussi important d'intervenir sur le tissu urbain du quartier de BEO, par la destruction des édifices qui sont construits sur le parcours de l'Oued M'Kessel, et cela jusqu'à ce que ce dernier aboutisse à la mer. Il est du devoir de l'état de reloger de manière digne les personnes touchées par ces transformations.

Nous pensons que cette intervention doit se généraliser sur tout l'ensemble du parcours d'eau d'Oued M' Kessel et pas seulement dans la zone de BEO.

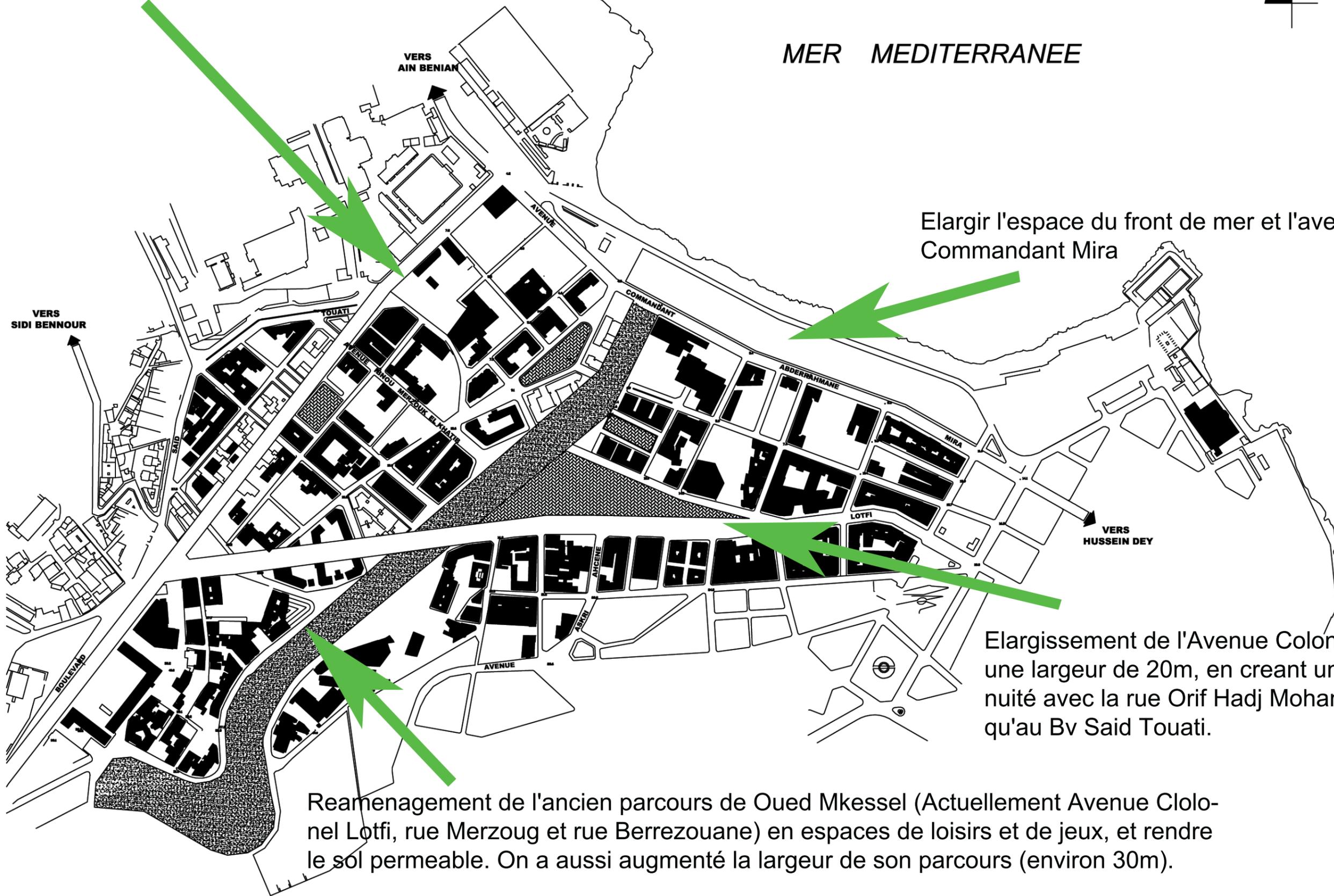
Si l'on résume notre vision de la re-naturalisation de l'oued en quelques points, nous déduirons les interventions suivantes :

- Délocalisation de l'autoroute de Frais Valon et transformation de ce parcours en espace de loisir non urbanisé (interdiction de construction).
- Libérer le parcours du cours d'eau de Oued M'Kessel à travers tout le tissu urbain du quartier de BEO et cela jusqu'à la mer.

Elargissement du Bv Said Touati, et creation de sa continuité à travers la rue Hami Abderahmane. Nouvelle largeur est de 20m



MER MEDITERRANEE



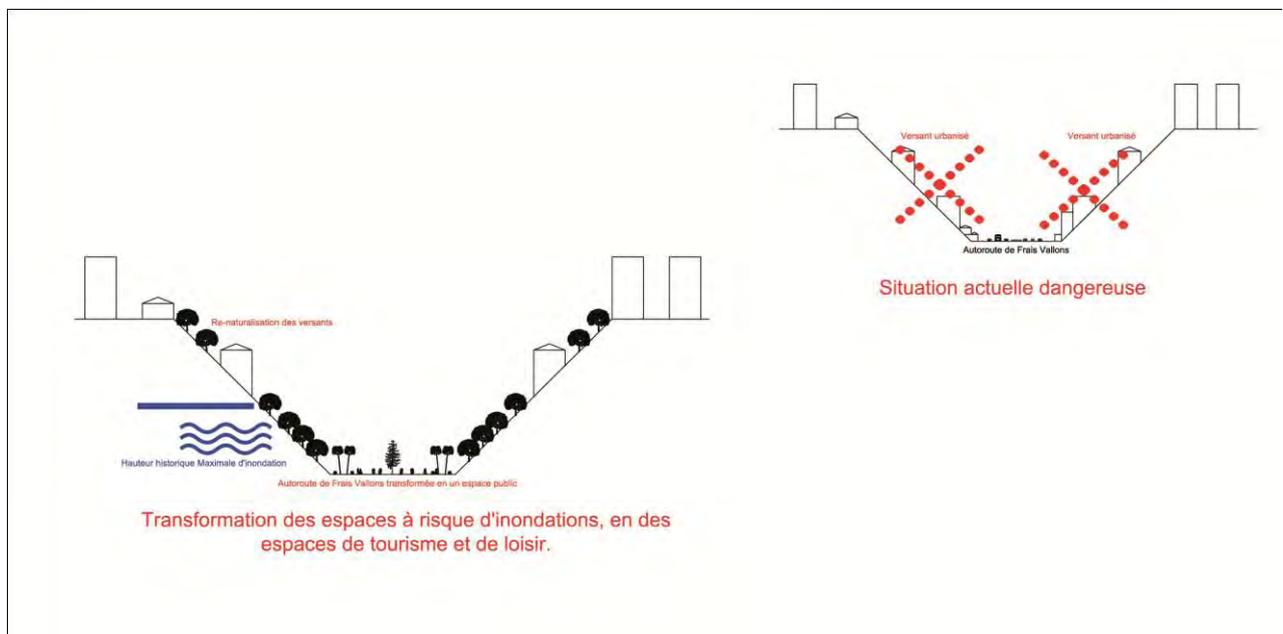
Elargir l'espace du front de mer et l'avenue Commandant Mira

Elargissement de l'Avenue Colonel Lotfi à une largeur de 20m, en creant une continuité avec la rue Orif Hadj Mohamed, jusqu'au Bv Said Touati.

Reamenagement de l'ancien parcours de Oued Mkessel (Actuellement Avenue Colonel Lotfi, rue Merzoug et rue Berrezouane) en espaces de loisirs et de jeux, et rendre le sol permeable. On a aussi augmenté la largeur de son parcours (environ 30m).



La ligne rouge montre le parcours d'Oued Mkeskel dans le quartier de BEO



Re-naturalisation du lit d'Oued Mkeskel par la reconversion de l'autoroute de Frais Vallons en un parcours naturel, avec des espaces verts, des aires de jeux et de loisir, des terrains de sports.



Renaturalisation du parcours d'eau d'Oued Mkessel, et sa reconversion en espaces verts et de loisirs.

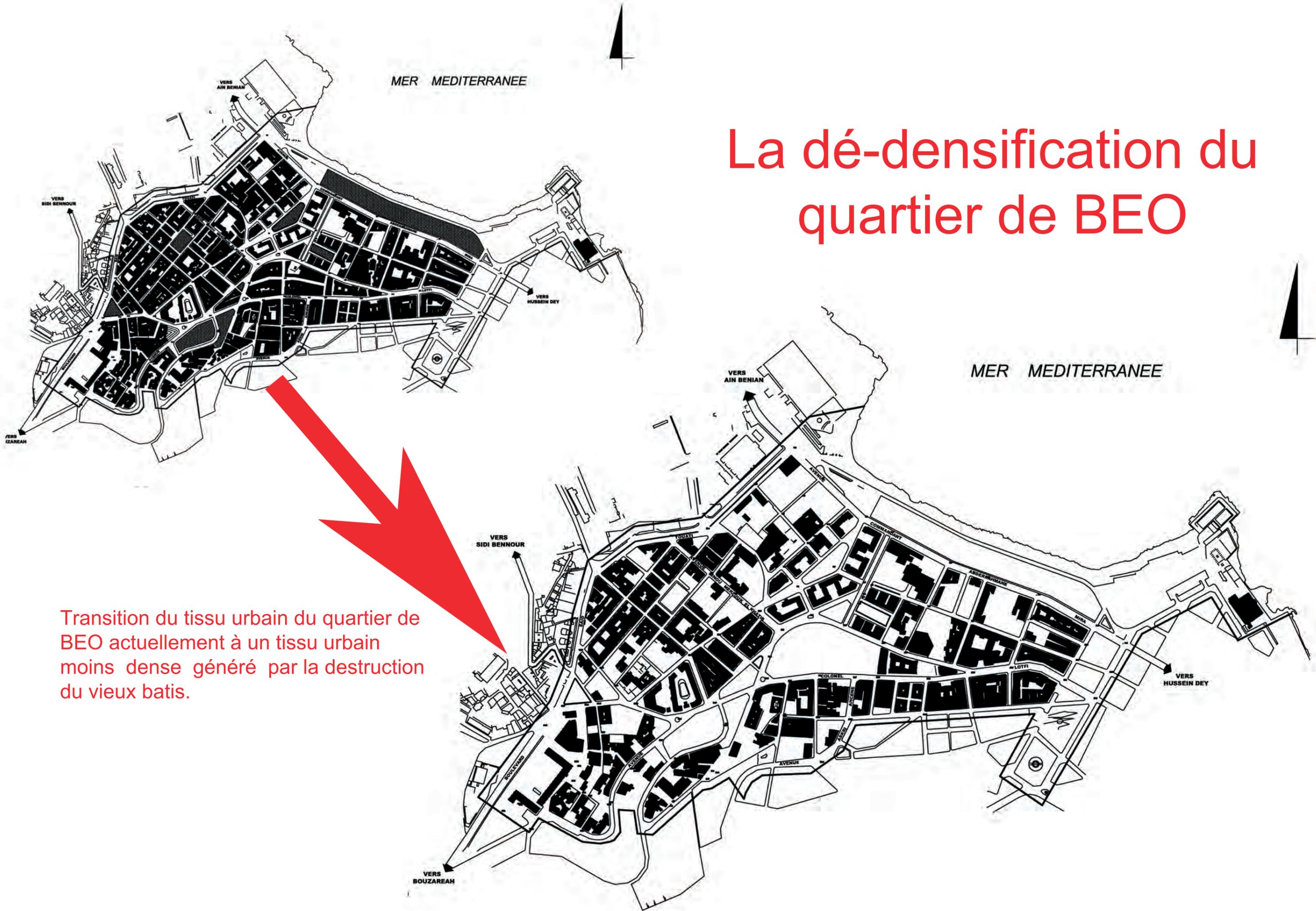
## 2. La dé-densification du quartier de BEO :

La **dé-densification du quartier de BEO** est d'une priorité imminente. Nous avons constaté durant notre analyse du quartier que plusieurs édifices sont en ruine et risquent de s'effondrer sous l'effet des multiples risques auxquels le quartier fait face. La dédensification urbaine, ne concerne pas seulement les bâtiments en ruine mais même ceux qui se trouvent sur le parcours ancien du Oued M'Kessel comme on l'a précisé dans le paragraphe passé. La dé-densification nous aidera aussi à permettre à l'eau de l'oued de passer sur son parcours naturel, sans provoquer des dégâts, car lorsqu'un obstacle se met en travers de ce parcours, le volume d'eau augmente au niveau de celui-là, et la force de l'eau augmente ainsi que sa vitesse, ce qui engendre une masse d'eau destructrice. Cette intervention permettra aux importantes quantités d'eau, d'avoir de l'espace libre pour circuler vers la mer, avec une vitesse plus au moins stable et une hauteur raisonnable. Nous pouvons expliquer ce phénomène par l'exemple suivant :

Si nous prenons une surface en pente libre de tout obstacle, et que nous versons de l'eau sur cette surface, nous observerons que le volume d'eau s'étend sur une bonne partie de la surface et que la hauteur de ce volume est basse. (Cela peut changer avec la topographie de la surface). Si maintenant nous installons différents obstacles sur la même surface en pente et versons la même quantité d'eau. Nous allons observer que le volume d'eau ne se propage pas sur toute la surface, le volume d'eau diffère d'une zone à une autre, et la hauteur d'eau peut être importante dans certain endroit. La rupture de certains obstacles génère des volumes d'eau avec une vitesse destructrice.

Nous pouvons aussi recommander de multiplier les routes larges qui sont orientés vers la mer, pour faciliter le drainage de l'eau.

# La dé-densification du quartier de BEO



Transition du tissu urbain du quartier de BEO actuellement à un tissu urbain moins dense généré par la destruction du vieux batis.

### 3. La protection de la partie littorale du quartier contre les inondations :

La partie littorale du quartier de BEO est une zone proche de la mer où les importantes quantités d'eau qui proviennent des hauteurs risquent d'y stagner. C'est pour cela qu'il est important de réfléchir sur des solutions pour que les eaux qui arrivent à cette zone puissent se déverser en mer, ainsi que d'éviter que la mer puisse remonter durant les tempêtes et inonder cette zone, qui est proche de la caserne militaire de BEO, et du plateau de Ferhani qui peut être utilisé comme une plateforme d'atterrissage des hélicoptères, dans d'éventuelles évacuations de blessés graves. N'oublions pas de préciser que la route nationale de bord de mer « autoroute front de mer » passe par cette zone, et que cette autoroute peut servir durant les opérations d'interventions et d'évacuations. Notant qu'il est urgent de trouver une stratégie de protection de cette autoroute front de mer contre les inondations et cela même en dehors de notre zone d'étude afin quelle puisse servir durant les grands événements. Nous pouvons proposer des solutions comme :

- Repousser la balade Del Kettani et le plateau de Ferhani vers la mer par le **dépôt d'un remblai, afin de construire une zone ou bande de sécurité**, entre la mer et l'autoroute du front de mer.
- Installer un **système d'évacuation des eaux pluviales performant** dans la partie basse du quartier de BEO vers la mer.



Image qui montre le prolongement du bord de mer, ainsi que la volonté d'installation d'un réseau d'évacuations des eaux pluviale vers la mer.



Vue panoramique sur le quartier de Bab El'Oued (BEO), avec la zone en cercle jaune qui peut connaître des problèmes d'inondation assez conséquents



Le bord de mer de BEO lors d'un mauvais temps (383)

#### 4. La fermeture de la carrière Jaubert :

La **fermeture de la carrière Jaubert**, est proposée pour le fait qu'elle est une source de gravats et de débris importante, qui lors des pluies torrentielles, celles-là peuvent transporter ces débris et devenir plus destructrices. L'autre raison est sa proximité de la zone urbaine et son positionnement en hauteur, qui encourage le transport des gravats et débris vers le tissu urbain de BEO dans le cas d'un événement important.



Vue sur la carrière Jaubert qui surplombe le quartier de BEO

## 5. La désurbanisation du lit de l'Oued M' Kessel :

Nous avons constaté que les lits mineur et majeur d'Oued M' Kessel sont urbanisés et que des constructions se sont développées sur les bords de l'autoroute de Frais Valon. Ces constructions courent un danger dans le cas d'un événement majeur. C'est pour cela qu'il est important que tout le long du **lit mineur et du lit majeur de l'oued soit désurbanisé** et transformé en espaces verts et espace de loisirs et de balades.

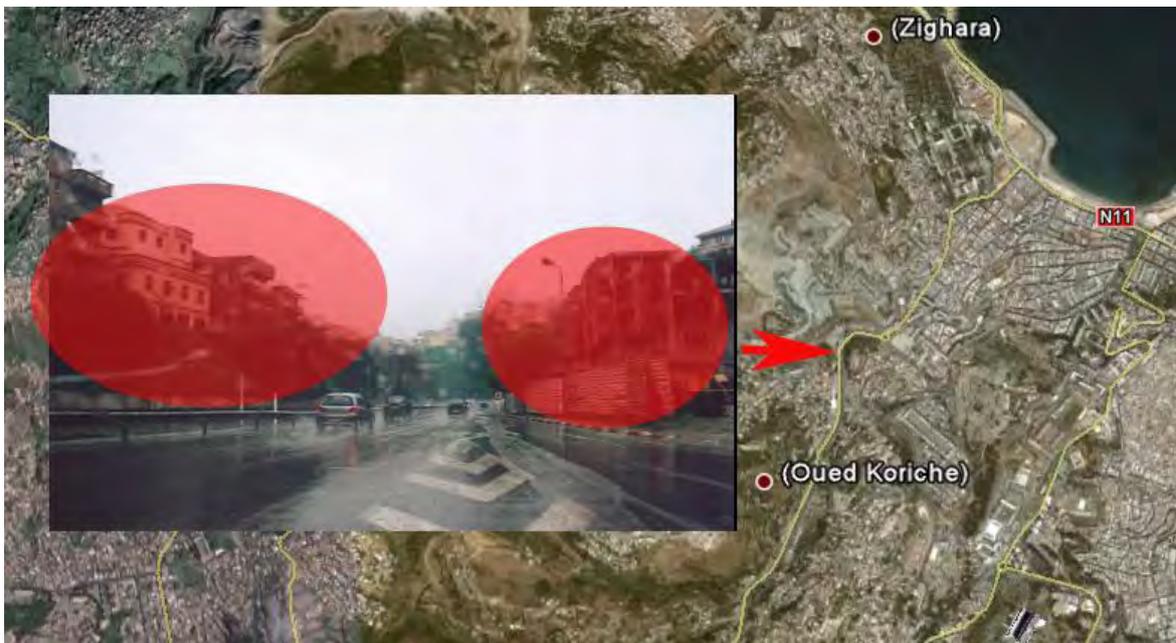
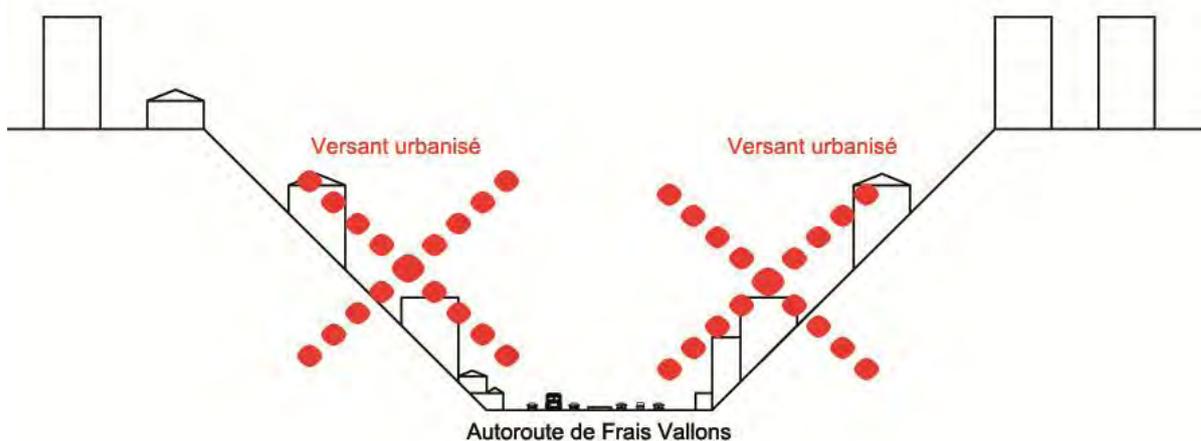


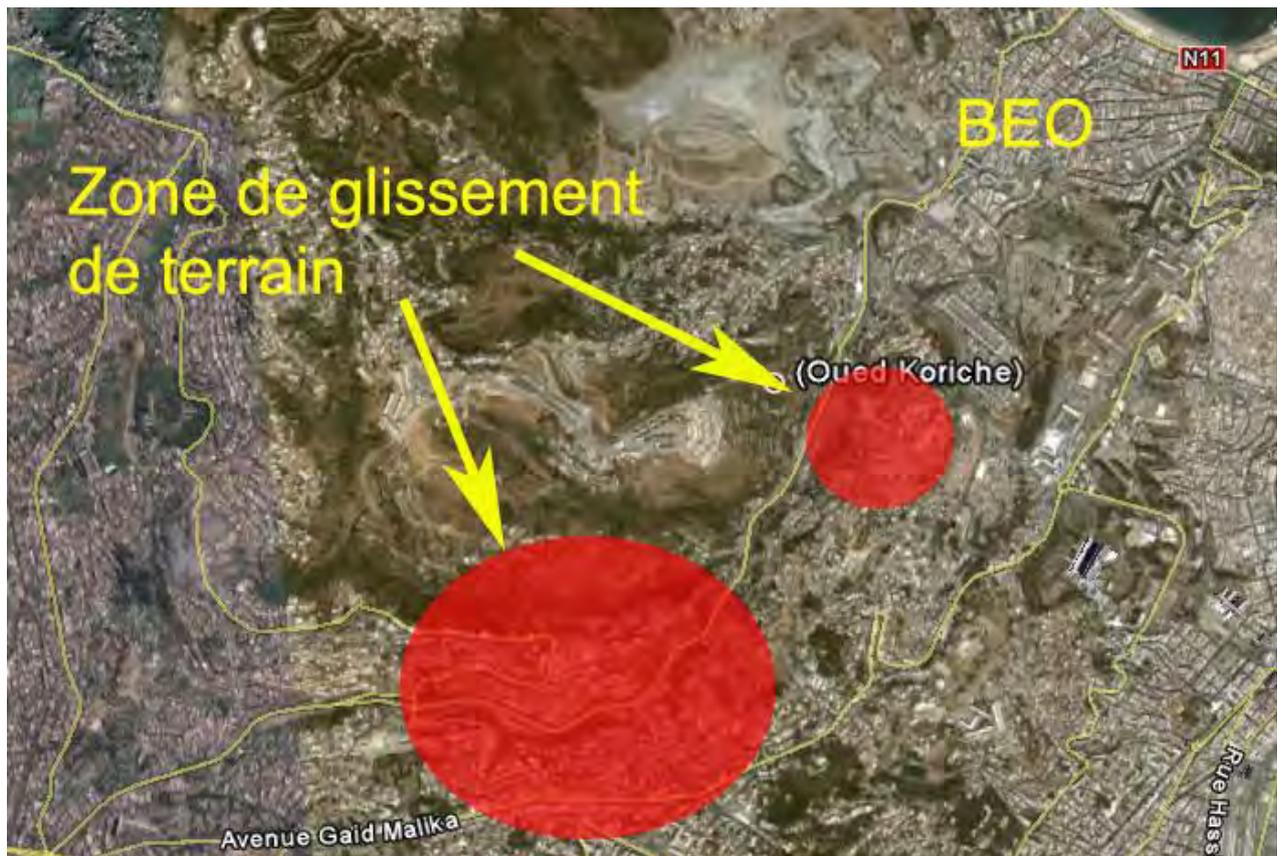
Photo qui montre la situation actuelle des versants d'Oued Mkessel qui sont très densifiés



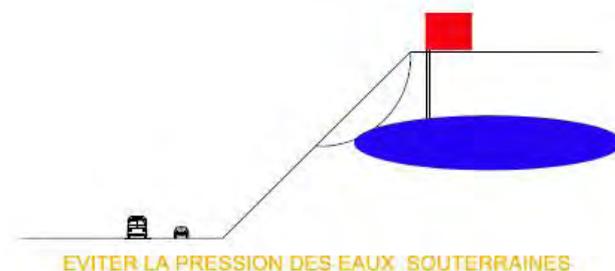
Nécessité de désurbaniser le parcours de Oued Mkessel qui est actuellement la route rapide de Frais Vallons

6. Le développement du tissu végétal, le drainage, et le renforcement structurel des zones de glissements :

Nous avons constaté durant notre analyse du quartier de BEO, que des zones de glissement de terrain existent, et sont susceptibles de se déclencher lors des événements sismiques et d'inondations. Nous pensons que dans le cas de pluies torrentielles, cela peut sérieusement déclencher ces glissements, car les quantités d'eaux que ces sols absorbent, vont augmenter les charges et les pressions, et de cela augmenter la vitesse de glissement. Ce qui poussera les masses de terre à glisser le long de ce qu'on appelle « la surface de glissement ». Pour remédier à ce problème, **il est important d'utiliser des techniques de drainage des eaux au niveau de ces sols à risque, et de renforcer les sols par l'implantation d'arbres robustes qui aident à la consolidation des sols grâce à leurs racines.** Il est aussi utile d'utiliser des techniques de construction comme des **murs de soutènement afin de retenir les terres.** Cela dit, il est primordial d'étudier ces sols et de connaître la profondeur des surfaces de glissement, car si celles-là sont profondes, le renforcement des sols par la plantation des arbres n'apportera pas les avantages espérés du moment que ces arbres peuvent être emportés par le glissement. Le désengorgement des sols par le drainage des eaux reste la technique la plus efficace.



Localisation des glissements au niveau de la route rapide de Frais vallons



Quelques recommandations pour la réparation des zones de glissements de la région : renforcement du sol par des pieux, stabilisation du sol par la plantation des arbres, éviter les surcharges sur le sol, pompage des eaux souterraines pour diminuer les pressions sur la zone de glissement.

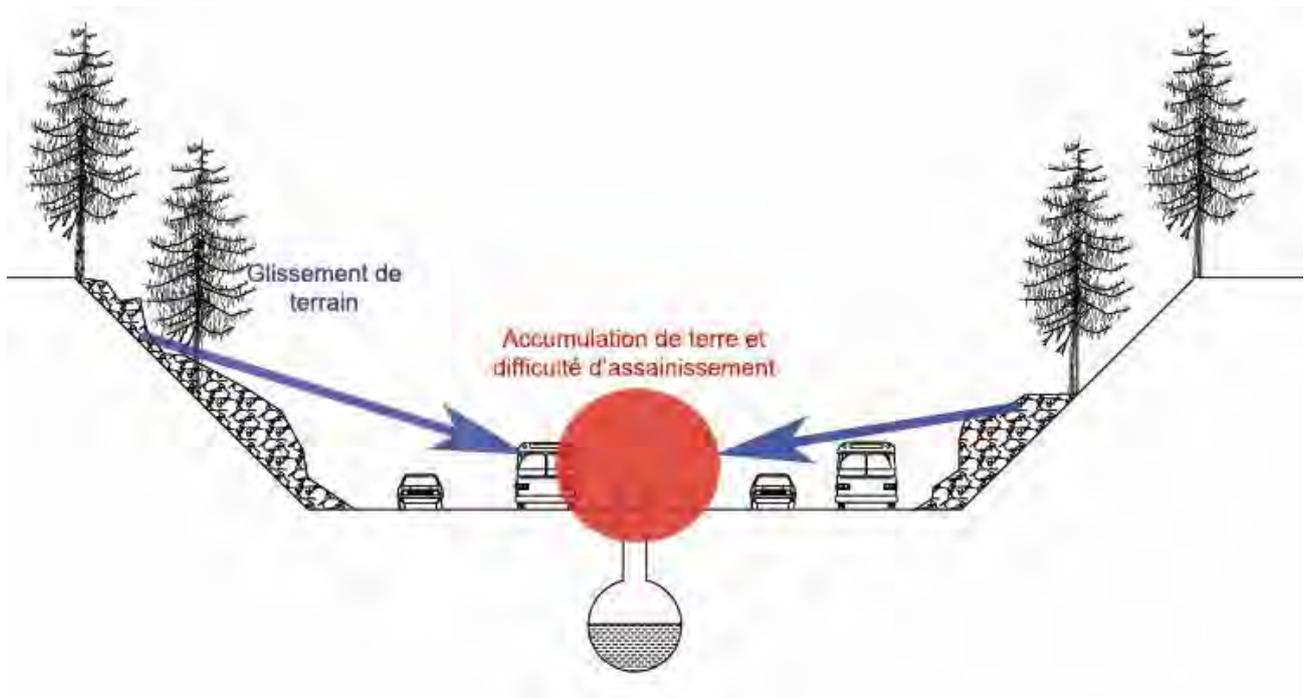
#### 7. La **restauration** ou la **reconstruction** du tissu urbain vétuste :

Lors de notre état des lieux dans le quartier de BEO, nous avons constaté des zones de bâtiments vétustes, en ruine et avec un haut risque d'effondrement. D'ailleurs ces dernières années, nous avons constaté des effondrements de balcons et d'édifices entiers. Il est important de procéder à une restauration de ces immeubles qui risquent de s'effondrer lors des inondations et devenir des blocs de mur transportés par les eaux générant des effets destructeur sur d'autres édifices.

#### 8. La surveillance et l'entretien des deux collecteurs de l'Oued M' Kessel :

Le collecteur de Oued M'Kessel devait reprendre les eaux de pluie durant l'événement du 10 novembre 2001. Selon un habitant de la région de « Carnau » ce tunnel servait pour communiquer entre Bouzareah et El Kettani. La même source nous informe que ce tunnel était grand au point qu'un camion puisse y accéder. Cette personne utilisait ce chemin lors de son enfance pour se déplacer vers la plage d'El Kettani. Selon le même témoin, et d'autres personnages, ainsi que certaines voix de la rue, ce tunnel fût fermé par un mur en béton pour des raisons de sécurité, car il pouvait servir d'échappatoire pour les terroristes.

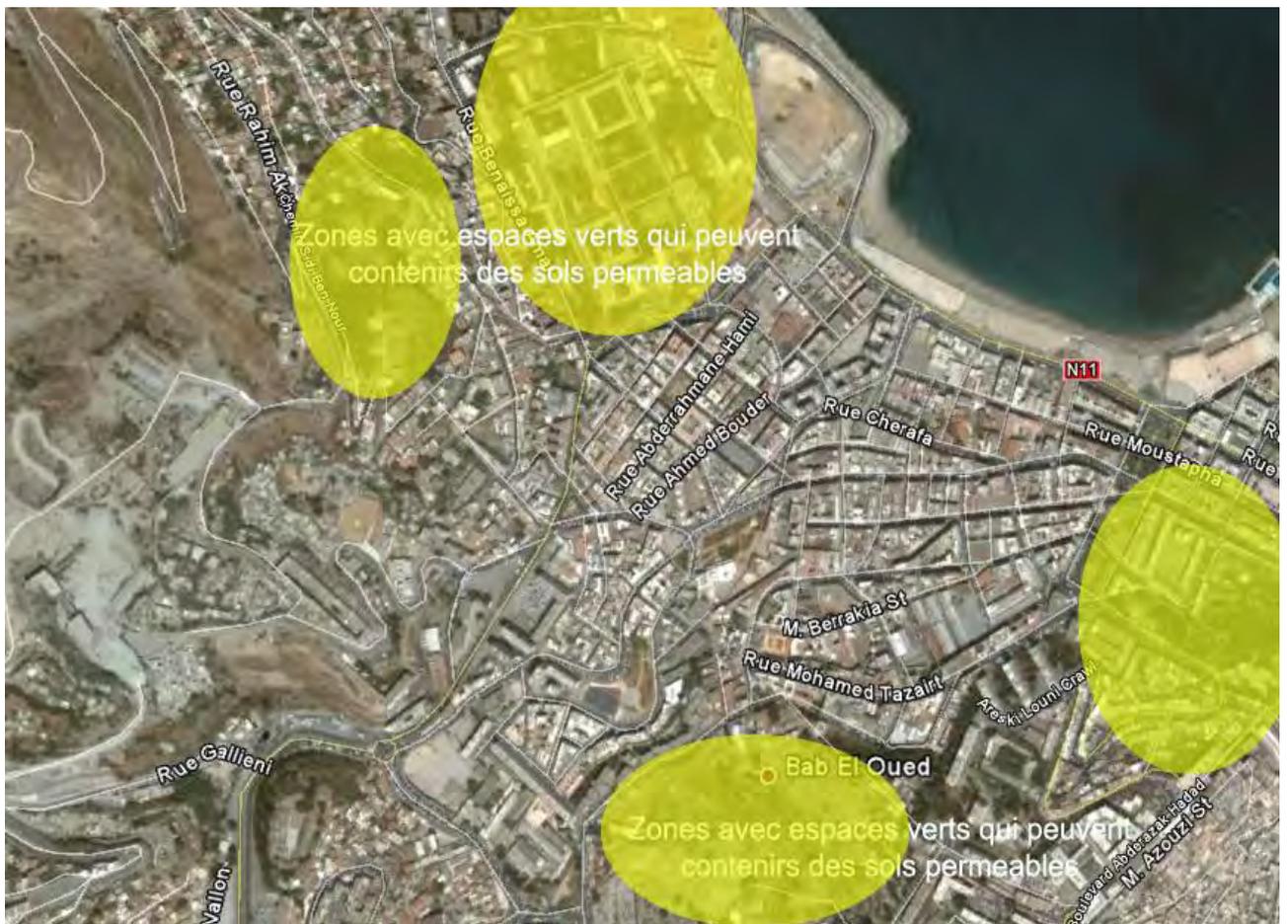
Malheureusement nous ne pouvons pas prouver ces informations. Le nouveau collecteur vient renforcer l'ancien afin d'éliminer le risque d'inondations de la région. Ces deux collecteurs peuvent être efficaces, mais comme l'entretien dans les pays en voie de développement reste difficile, on peut craindre que ces collecteurs connaissent des difficultés de fonctionnement durant des événements majeurs. On peut constater que les collecteurs présents sur l'autoroute de frais valons sont de dimension réduite et peuvent être bouchés par des déchets accumulés si un entretien rigoureux n'est pas entrepris. C'est pour cela qu'il est recommandé de **surveiller et d'assurer l'entretien de ces collecteurs pour leur bon fonctionnement lors d'événements importants**. Il est aussi important de rappeler que les inondations ne sont pas seulement des quantités d'eaux fluides, mais aussi des coulées de boue avec de grande quantité de terre transportée, et aussi les inondations peuvent être sous forme de coulée de débris qui transportent des masses de blocs et de roches. Cela dit, il n'est pas possible d'affirmer que les évacuations installées peuvent collecter les masses de terre et de roches.



Nécessité d'entretien des évacuations des eaux pluviales, et éviter leur saturation par la terre et l'accumulation des déchets.

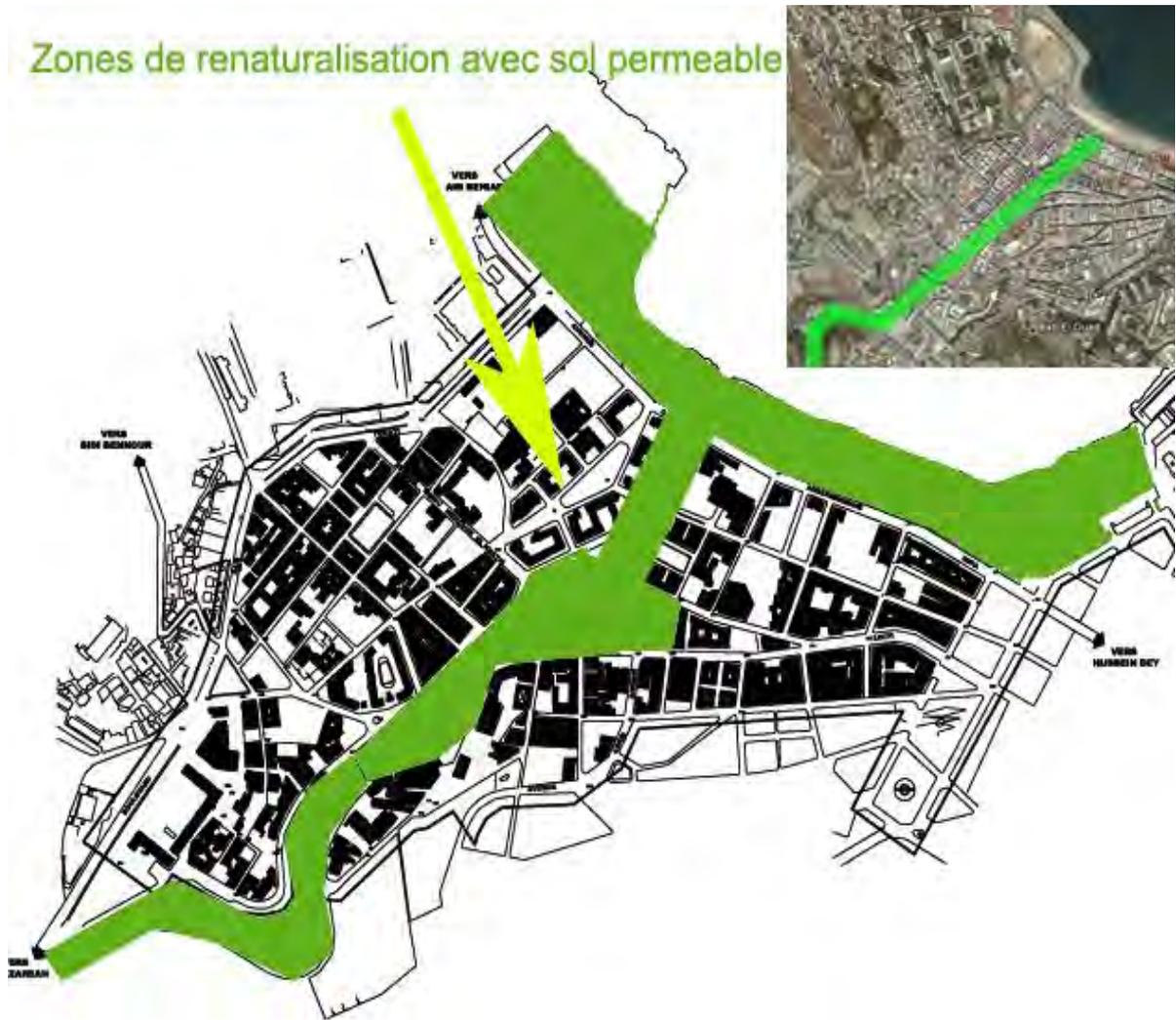
## 9. La perméabilité du sol :

Le quartier de BEO est urbanisé, ce qui induit que ses sols sont imperméables à l'eau. L'un des facteurs des inondations est le fait que les sols ne puissent pas absorber les eaux de pluie, et que les surfaces de terre naturelle et de végétation sont minimales et presque absentes. C'est pour cela que nous proposons d'encourager les surfaces de végétations comme les parcs et les espaces de loisirs ainsi que travailler les terres qui sont devenues imperméables par manque d'entretien, afin **d'augmenter les surfaces perméables** dans le quartier de BEO. Ces surfaces permettront l'absorption des eaux et le drainage de celles-là à travers les cours d'eaux souterrains et des nappes d'eaux.

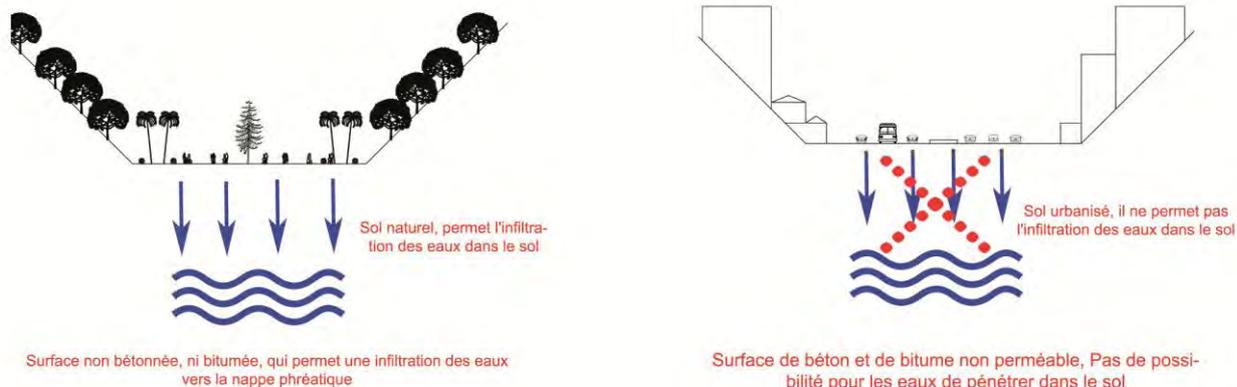


Les éléments en couleur jaune, sont des zones d'espaces verts qui sont susceptibles d'être des zones à sol perméable.

## Zones de renaturalisation avec sol perméable



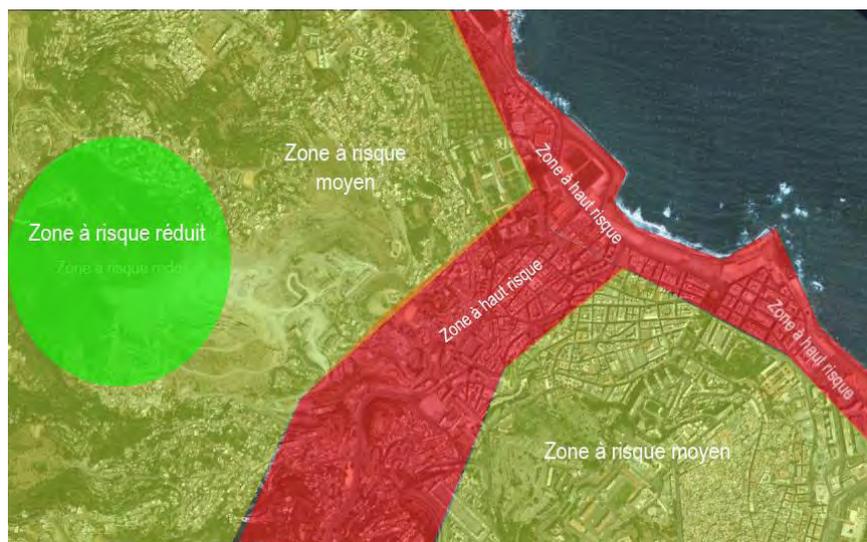
Zone de renaturalisation dans le quartier de BEO qui disposera de sols perméable



Transformation de l'autoroute de Frais Vallons en des espace verts et de loisir avec des sols perméables qui permettent une infiltration des aux vers les nappe souterraines.

#### 10. La localisation des zones sûres :

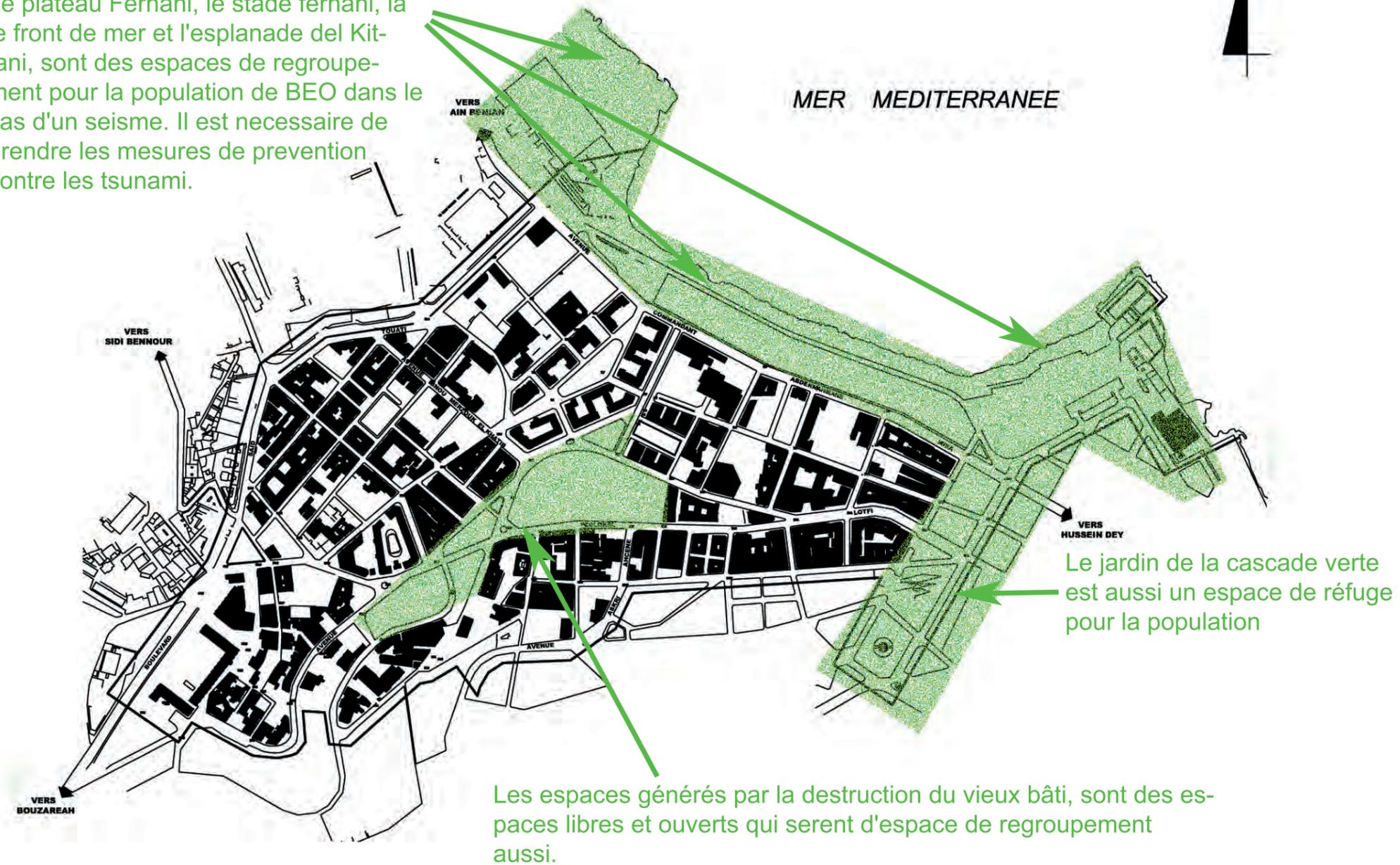
Afin de protéger la population, il est important de **localiser des parcours** qui mènent vers des espaces vastes et sûrs, où la population peut être protégée des inondations. Généralement ces zones seront localisées dans les hauteurs de BEO, ou bien vers des lieux où les cours d'eaux ne passent pas. Ces zones seront prises en considération par les plans d'évacuation et de prévention.



Schématisation des zones de danger à Bab El'Oued (BEO). Les zones sûres doivent se situer dans les zones à faible danger et sur les hauteurs.

## Les especes de regroupement de la populations durant un séisme

Le plateau Ferhani, le stade ferhani, la le front de mer et l'esplanade del Kit-tani, sont des espaces de regroupement pour la population de BEO dans le cas d'un seisme. Il est necessaire de prendre les mesures de prevention contre les tsunامي.





Zones à faible danger d'inondations où les zones sûres peuvent être établies

Remarque :

Il est probable d'envisager l'application des interventions requises pour le quartier de BEO aux autres quartiers de la ville d'Alger. Il est nécessaire d'appliquer toutes ces interventions sur toutes les zones inondables de la ville d'Alger, afin d'éviter une catastrophe à grande échelle. Nous nous sommes penchés sur la problématique de BEO car l'événement le plus violent c'est produit dans cette zone, mais d'autres lieux peuvent connaître la même tragédie. Nous avons par exemple le projet de l'autoroute du val d'Hydra qui devait relier l'autoroute de Ben Aknoun au quartier de Ruisseau, passant par le Val d'Hydra, sous le pont de Hydra, Bir Mourad Rais. Ce projet n'a pas vu le jour, mais l'idée elle-même est à grand risque, car ce parcours est un lit d'oued comme celui de l'autoroute de Frais Vallon. À notre avis, il est strictement déconseillé de construire cette autoroute le long de ce parcours.

Recommandations :

Au niveau des ouvrages il est important que les édifices puissent résister aux forces de l'eau et des chocs provoqués par les décombres transportés. C'est pour cela que l'on recommande les points suivants :

- Les renforcements des rez-de-chaussée par des murs en béton armé :

Durant les coulées de boue ou les coulées de décombres, les murs du rez-de-chaussée sont soumis à des pressions et des chocs importants. C'est pour cela que l'on recommande que tout les **rez-de-chaussée soient construits avec des matériaux résistants comme le béton armé qui peuvent subir des chocs et des pressions sans se détruire et provoquer parfois l'écroulement de l'édifice.**

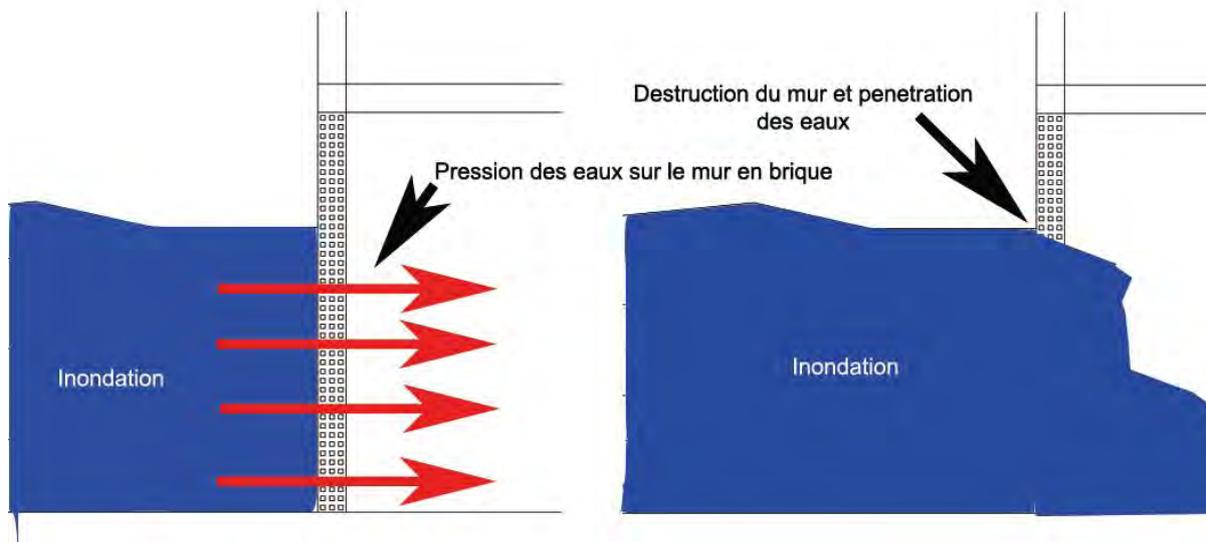


Schéma qui montre l'importance qu'exerce la pression des eaux sur un mur en brique.

- L'imperméabilisation et la minimisation des ouvertures dans les murs du rez-de-chaussée :

Dans les zones à risque d'inondations, les eaux généralement pénètrent dans les rez-de-chaussée et les sous-sols des maisons à travers les murs et les ouvertures. Nous recommandons que les murs soient imperméables afin d'éviter les infiltrations d'eau. Il serait aussi recommandé de **minimiser les ouvertures présentes dans les rez-de-chaussée et qu'elles soient aussi étanches et résistantes**. Lors des grands événements, il serait nécessaire de protéger les ouvertures contre les chocs de débris et des pressions des eaux, comme ce qui se fait dans le cas des ouragans.

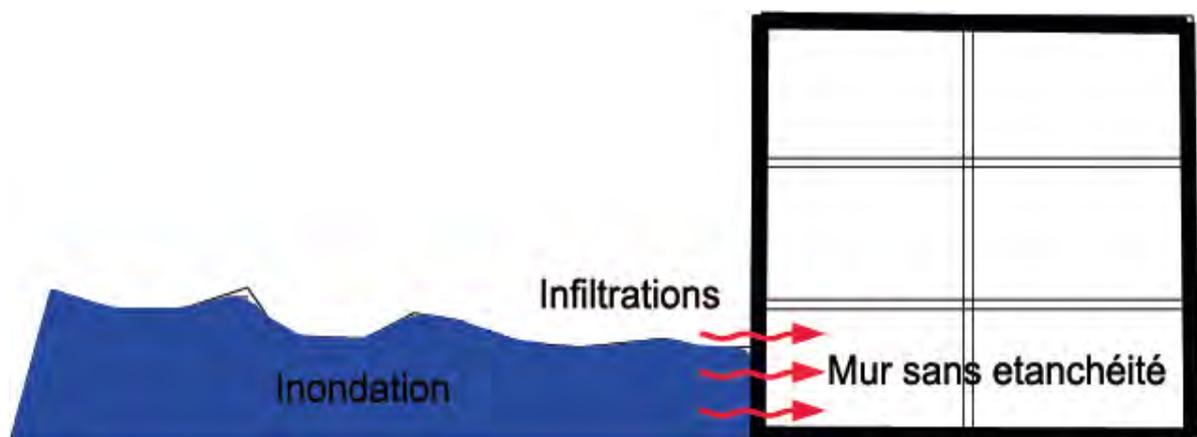


Schéma qui montre la problématique des infiltrations des eaux et de l'étanchéité des murs des RDC.

- L'arrondissement des formes des bâtiments et l'orientation des angles droits vers la direction des cours d'eaux. :

Nous pensons qu'il serait bénéfique que les **édifices aient des formes arrondies** et d'éviter les formes à angles. Les formes arrondies font minimiser l'effet d'obstacle qui augmente le volume des eaux dans une pente et ainsi augmente la vitesse et l'intensité. Les formes circulaires ont tendance à laisser l'eau circuler sans trop la retenir.

Dans le cas des constructions ayant des formes avec des angles, nous conseillons que la direction des angles soit frontale à la direction des eaux, afin d'éviter un impact frontal, et ainsi devenir une sorte de coupe eau. Exemple : dans le cas d'un bâtiment en forme carrée, nous devons orienter un des angles vers la direction de la pente. Il est conseillé d'éviter d'orienter la façade du bâtiment vers la direction des eaux, qui va constituer un véritable obstacle où le bâtiment devra supporter les chocs et les pressions.

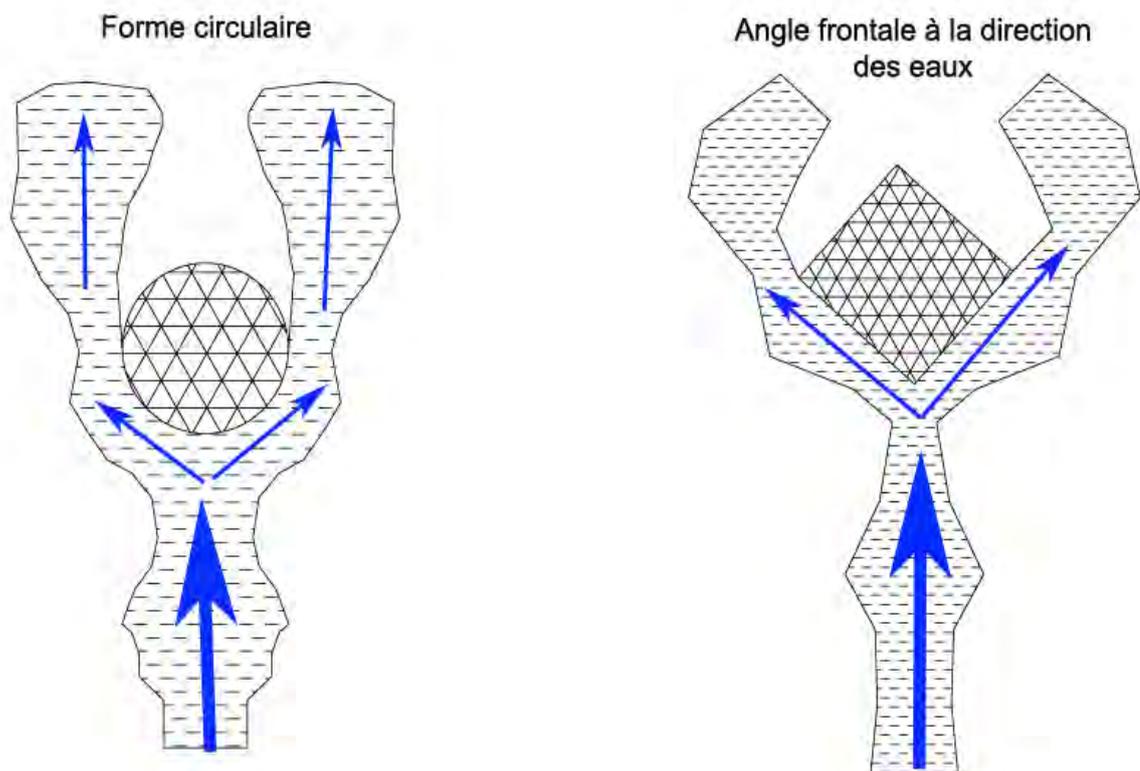


Schéma qui représente l'importance de la forme architecturale pour la résistance des constructions aux inondations.

- L'installation des systèmes de pompage d'eau dans les rez-de-chaussée et les caves des bâtiments :

Comme nous l'avons déjà vu plus loin dans le chapitre, il serait idéal d'installer dans les rez-de-chaussée et les caves des systèmes de pompage d'eau. Ces systèmes nous permettront de minimiser les dégâts dans la maison. Malheureusement, il sera difficile d'installer ce système dans toutes les maisons vu la limite des moyens financier de la population de BEO.

- La protection des maisons contre les érosions des sols :

Durant les fortes inondations les eaux ont tendance à produire des effets d'érosions sur les sols. Cela peut s'avérer dangereux pour certaines maisons et bâtiments qui sont construits sur des sols peu résistants et en pente. On recommande que les bâtiments et maisons soient construits sur des **sols qui résistent aux effets d'érosion des eaux**, et de protéger ces constructions par des techniques de lutte contre ce phénomène en périphérie des maisons. Exemple : murs en pierre, voile en béton armé, et autres.

Toutes ces interventions ont pour but de minimiser le risque des inondations via une proposition urbaine, qui à travers ces modifications apportent des solutions simples et environnementales et à coût réduit. C'est points d'acupuncture éviteront dans le futur qu'une catastrophe comme celle du 10 novembre 2001 ne se reproduise. Les changements proposés sont faisables et ne demandent pas une durée de temps d'élaboration importante. Cela dépend de la volonté des institutions du pays et de la compréhension de la population.

### **2.1.5- L'acupuncture urbaine pour la prévention du risque sismique dans le quartier de BEO :**

Pour ce qui concerne la problématique sismique, une acupuncture du tissu urbain peut apporter des solutions considérables dans la prévention et la gestion des risques géologiques dans le quartier de BEO.

Cette acupuncture peut être envisagée à travers les interventions suivantes :

1. La restauration du tissu urbain et son renforcement :

Le quartier de BEO vie aujourd'hui un véritable risque de catastrophe dû aux séismes. Une bonne partie de son tissu urbain est gravement fragilisé par sa vétusté et son manque d'entretien. Ces constructions datent de l'époque coloniale et aucune restauration, ni renforcement, n'ont été entrepris par les institutions du pays. Cette situation peut dégénérer lors d'un violent séisme qui peut frapper la capitale comme celui du Sahel, ou celui de Keir Al Din. Il est urgent de procéder à la restauration du tissu urbain de BEO.

Il est aussi impératif de procéder à la sauvegarde des bâtiments qui constituent notre mémoire collective, ainsi qu'une ambiance architecturale importante, par leurs restaurations et leurs renforcements, grâce à des techniques de réparation d'injection à la résine ou d'injection de béton ainsi que d'autres alternatives. Pour ce qui concerne les bâtiments vétustes qui n'ont aucune mémoire collective, et ne représentent pas des œuvres architecturales à conserver, il est plus recommandé de les détruire, et de **reconstruire des édifices parasismiques**. Cette destruction doit être précédée par un relogement digne des familles touchées par cette opération. Comme on l'a signalé dans notre chapitre, l'étude Maradja donne une estimation de 616 bâtiments et 4311 unités d'habitations endommagées durant le séisme de Keir Al Din, donc une estimation qui renforce cette urgence de restauration et renforcement du cadre bâti.

## 2. La **dédensification** du tissu urbain :

L'une des problématiques du quartier de BEO est sa densité urbaine, du point de vue construction, ainsi que du point de vue humain. La densité du tissu urbain du quartier de BEO peut être un facteur influant dans la prévention et la gestion du risque sismique, dans le cas où elle est combinée avec la vétusté des constructions, ainsi que l'étroitesse des rues qui ne facilitent pas les interventions et les évacuations. La densité urbaine peut aussi s'avérer dangereuse dans la propagation des incendies générés par les explosions de gaz, et aussi durant les mouvements dus au séisme où les constructions peuvent s'entrechoquer et se détruire mutuellement. La densité humaine peut s'avérer elle aussi un inconvénient dans l'étape de l'évacuation à travers des rues étroites, qui n'ont pas la capacité de drainage d'un tel nombre de personnes.

## 3. La construction de **nouveaux bâtiments sous des règles parasismiques** et l'inspection du cadre bâti existant :

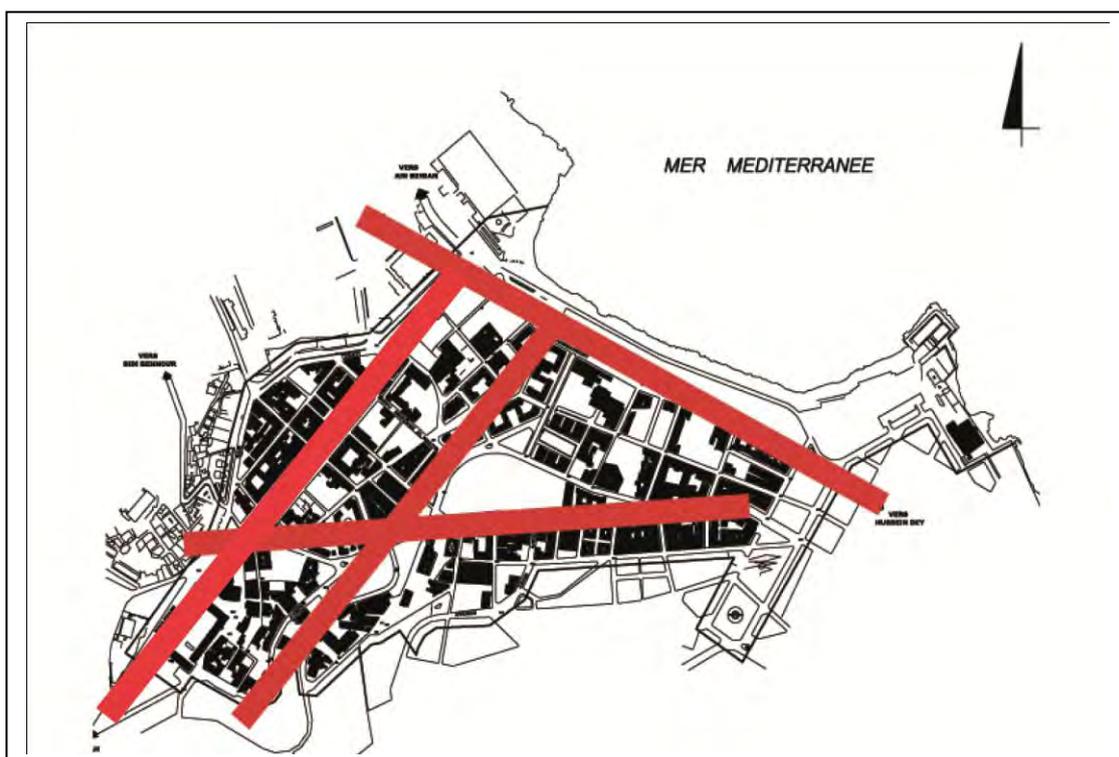
Dans les lois de construction algériennes RPA 99, il existe des règles rigoureuses de constructions parasismiques. Malheureusement souvent elles ne sont pas prises en compte par certains constructeurs. Un deuxième point qui est important, est le fait que le CTC (Centre Technique de Contrôle des Constructions) n'agit pas en tant qu'outil de « contrôle et d'inspection », mais agit en tant que « consultant », ce qui veut dire que le CTC n'inspecte pas toutes les constructions, mais il le fait à la demande des entreprises ou des maîtres d'œuvres et des maîtres d'ouvrage. Nous recommandons de bien respecter le code de construction parasismique en premier lieu pour les constructions nouvelles, et en deuxième lieu, de vérifier la compatibilité des constructions déjà existantes à celui-là.

Il est important que le statut du CTC change en un véritable outil d'inspection en collaboration avec la police d'urbanisme, et de procéder à la vérification de toutes les constructions non contrôlées. Il est important d'appliquer les règles parasismiques dans les nouvelles constructions, ainsi que d'effectuer les bons calculs de structure, le bon choix du type de structure, le choix du bon sol, La forme du bâtiment adéquate, et toutes les autres recommandations développées dans les chapitres précédant. Nous exigeons que les bâtiments à haute importance soient construits avec des techniques parasismiques les plus avancées comme les systèmes d'amortisseurs et d'isolateurs.

#### 4. Les réaménagements urbains préventifs du quartier de BEO :

**Le quartier de BEO, devrait connaître des changements importants dans son urbanisme au niveau de ses aménagements, afin de faire face au risque sismique.** Il serait très bénéfique au tissu urbain, d'être composé de plusieurs axes routiers perpendiculaires à la mer et aussi parallèles à celle-ci, afin de permettre une fluidité de la circulation et ainsi faciliter les opérations d'intervention et d'évacuation en cas d'événements majeurs. Ces axes devront être très larges, nous pouvons proposer une dimension de 30m de largeur. Ces axes devront aussi contenir des signalisations sous forme de panneaux et de ligne au sol, afin de drainer la population vers les lieux sûrs, que nous devons aussi concevoir, comme pour exemple des stades, des parcs, des places, et autres lieux qui serviront de point de regroupement en cas de séisme. Il est aussi important de réfléchir sur le renforcement des candélabres et poteaux électriques et téléphoniques. Nous proposons d'élargir les avenues et Boulevards suivant afin de faciliter la circulation ainsi que l'intervention des secours, et aussi l'évacuation rapide de la population :

- Avenue Colonel Lotfi
- Boulevard Said Touati
- Avenue Commandant Mira
- Rue Merzoug et Boulevard Basta.



**La carte de dé-densification de BEO nous permet de concevoir 4 axes d'acheminement et d'intervention possible durant un séisme. Le premier sera grâce à l'élargissement du Boulevard commandant Mira, le deuxième serait par l'aménagement du parcours de Oued Mkessel, et le troisième serait un axe diagonal.**

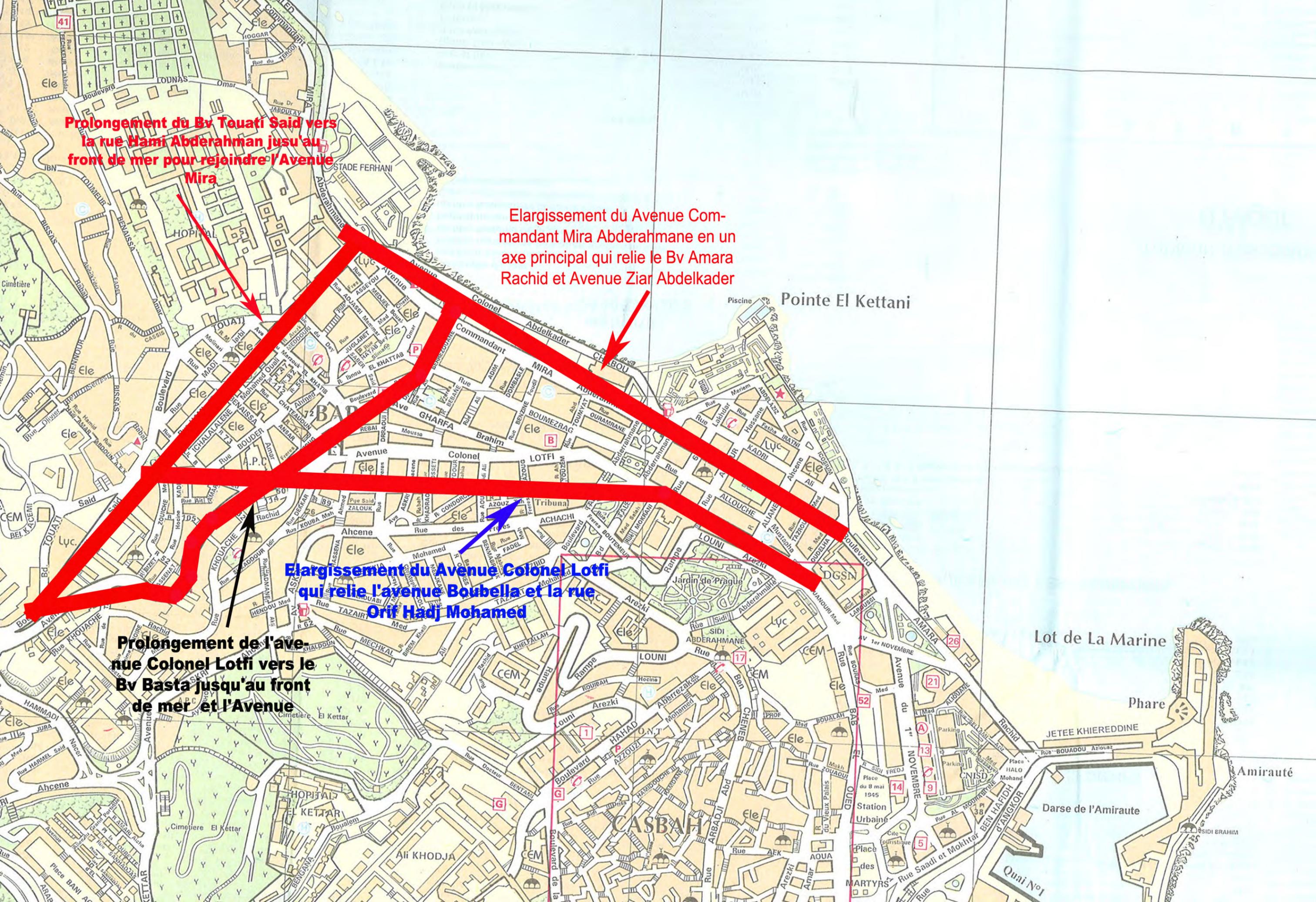
**Prolongement du Bv Touati Saïd vers la rue Hami Abderahman jusu'au front de mer pour rejoindre l'Avenue**

**Mira**

**Elargissement du Avenue Commandant Mira Abderahmane en un axe principal qui relie le Bv Amara Rachid et Avenue Ziar Abdelkader**

**Elargissement du Avenue Colonel Lotfi qui relie l'avenue Boubella et la rue Orif Hadj Mohamed**

**Prolongement de l'avenue Colonel Lotfi vers le Bv Basta jusu'au front de mer et l'Avenue**



#### 5. La protection contre les tsunamis de la partie littorale du quartier :

Nous avons observé que durant l'histoire sismique de la ville d'Alger un tsunami c'est produit, et a inondé la basse casbah. Le tsunami en lui-même n'était pas violent, par contre le fait que la basse casbah soit inondée, cela peut gêner l'intervention des secours, vu que la route nationale passe par le littoral. Il sera recommandé de **prendre des mesures de protection contre les tsunamis en bord de mer du quartier de BEO, ainsi que tout le littoral de la ville d'Alger**. Ces protections peuvent être par exemple sous forme de digues, ou la surélévation de la balade de Kettani. Il sera recommandé aussi d'installer un bon système d'évacuation des eaux dans cette zone plane. Il est à noter que les recommandations contre les inondations de la partie basse du quartier de BEO, sont valables dans ce cas de figure de tsunami.

#### 6. Le renforcement des zones de glissements :

Comme nous l'avons expliqué pour les inondations, il est important de réparer les sols instables où des glissements sont susceptibles d'arriver en cas d'un fort séisme. Nous avons présenté durant notre chapitre une carte qui montre les zones de glissement dans le quartier de BEO. Ceux-là se situent en général sur le chemin de l'autoroute de frais valon. **Il sera conseillé de renforcer ces sols par des murs de soutènement, par un bon système de drainage des eaux et de pompage en cas de saturation des sols, d'installer des pieux dans le cas où la surface de glissement est proche de la surface du sol**. Il est absolument déconseillé de permettre des constructions sur ces zones instables qui auront tendance à augmenter la pression sur ces sols et augmenter ainsi la vitesse de glissement et provoquer une rupture brusque du sol.

#### 7. Le renforcement des bâtiments de haute importance par les nouvelles technologies parasismiques :

Dans le cas d'un fort séisme, il est important que les institutions de l'état et les bâtiments les plus importants (écoles, hôpitaux, casernes, ministères...) puissent résister impérativement aux séismes les plus violents. Ces bâtiments doivent fonctionner après le séisme, car la coordination des secours et la gestion de la catastrophe dépend de leur bon fonctionnement. Les écoles doivent résister aux séismes, car l'une des situations les plus tragiques, est la perte des enfants de tout un quartier lors d'un événement. **Pour ce qui concerne le quartier de BEO, nous recommandant impérativement que l'hôpital Mallot et la caserne de BEO, soient équipés de la technologie parasismique (isolateurs, amortisseurs), car ils doivent résister aux séismes les plus forts, et ils doivent être fonctionnel après les séismes.**



La localisation de l'Hôpital Mallot et de la Caserne de BEO deux ouvrages important dans la phase de la gestion d'une catastrophe

### 3- Résumé du chapitre :

Des plans d'aménagements urbain et des stratégies de planification ont été établis à différentes périodes du développement du quartier de BEO, dont on peut citer le **Grand Projet Urbain (GPU)**, les **orientations du CNERU**, ainsi que le **plan d'aménagement urbain (PDAU)**. Malheureusement tout ces projets n'ont pas pris en considération les **risques naturels** auxquels le quartier devait faire face. Des risques qui pourtant sont connus depuis longtemps.

D'après les archives des alertes de risque d'inondations furent données en 1874, selon Gabriel Conesa, et en 1900 l'Oued MKessel sort de son lit et menace de détruire les maisons sur son passage. En 1935, l'obstruction de cet ouvrage a été presque complète, la quantité de terre déposée a été de 5000m<sup>3</sup> environ et cela pour des raisons d'hygiène. Reste que les inondations majeures qu'a connu le quartier de BEO à travers son histoire, sont bien les inondations du 10 novembre 2001.

Les causes de cette catastrophe qui a fait des centaines de morts sont dues aux actions de l'homme, qu'il a entrepris dans l'organisation de son espace urbain, par des aménagements inadéquats, par des constructions hors normes, par la non prise en considération des facteurs de risques. Nous pouvons énumérer ci-dessous quelques une de ces actions :

- **La non conception de l'espace de sécurité** durant la création du tissu urbain.
- Le **recouvrement de l'Oued MKessel** durant la période coloniale pour les raisons d'hygiène.
- La **construction sur le lit de l'oued et urbanisation de ses versants**.
- La **construction d'une route rapide** « Frais Valon » entre Chevalley et Triolet **sur le lit de l'Oued MKessel**.
- La **densification importante** et quasi **absence des surfaces perméables du sol**.
- La **fermeture en béton armé du tunnel** qui relie les hauteurs de Bouzareah et le bord de mer d'El Kettani pour des raisons de sécurité. N'oublions pas de préciser que ce tunnel permettait de drainer les eaux pluviales directement ver la mer.
- La **présence de la Carrière Jaubert**, source de débris.
- La **différence de niveau de 10m (±) entre le rond-point de triolet** et la cité entourée par l'avenue Mohamed Boubella et rue Hamadi Nacer. Cette différence de niveau provoqua la majorité des victimes par la chute des véhicules emportés par la force des eaux.
- La **présence du marché de triolet sous le rond-point** (actuellement une cour de jeux)

Suite à cette catastrophe, les autorités ont décidés d'entreprendre des mesures importantes afin de réduire le risque des inondations dans le quartier. L'un des projets clé de cette initiative est **le dédoublement du collecteur des eaux pluviales de l'Oued Mkessel. Cette solution est exagérée, du fait que des interventions urbanistiques et architecturales, peuvent minimiser le risque des inondations dans le quartier.** Rappelons que selon des habitants du quartier de Carno, le collecteur qui reliait Bouzareah et El Kettani était à cette période fermé pour des raisons de sécurité, ce qui prouve que sont dédoublement n'est pas en soi une nécessité.

Pour ce qui concerne le risque sismique, le quartier de BEO est dans une zone à haut risque. **Selon la méthode de « EMS-92 SCALE », l'intensité attendue est de 8 et 9. Et les pertes financières de 826 300000 USD pour une intensité de 8 sur l'échelle EMS-92 et de 1 558 000000 USD pour une intensité de 9 sur l'échelle EMS-92.** Le quartier de BEO, peut subir des destructions dues à différentes failles présentes dans la région, nous pouvons citer : « La faille du Sahel, de Chenoua, de Blida, de Thenia, de Khair Al Din (en mer) et enfin, la faille de Zemmouri (en Mer).

D'après les investigations effectuées, **les séismes de Khair Al Din et du Sahel sont ceux qui risquent de provoquer les accélérations les plus violentes (300 à 800 Gal) parmi toutes les failles existantes dans la région pour ce qui concerne le quartier de BEO.** Le séisme que l'on peut considérer aussi potentiellement destructeur pour BEO est celui de Zemmouri avec des accélérations entre 200 et 300 (Gal). Les séismes de Khair Al Din et du Sahel provoquent les intensités les plus importantes pour le quartier de BEO, qui sont **de l'ordre de 8 à 9 sous l'échelle MSK.** Celles-ci reflètent une destruction importante du quartier. Ils sont aussi susceptibles de provoquer des glissements importants dans la capitale algéroise, et cela

dans la partie Ouest de la ville. Le quartier de BEO subira des pertes considérables lors du séisme de Khair Al Din, sur les 1884 édifices et 13184 maisons qui le constituent, 616 édifices (33%) et 4311 maisons (33%) seront détruits, ce qui engendrera sur le plan humain, 500 morts, 2200 blessés, 28000 sans domicile pour une population de 87600 habitants.

La réduction de l'impact des phénomènes naturels dépend beaucoup des stratégies de prévention et de la gestion du risque. Les initiatives que l'on recommande peuvent être résumées aux points suivants :

### **Pour la prévention des risques :**

- La **prise de conscience** vis-à-vis des risques par les politiques et les administrateurs à tous les niveaux de la société.
- La **bonne formation** des scientifiques et des ingénieurs, ainsi que les urbanistes et les architectes.
- La présence et la **disponibilité du financement** pour un développement durable de la ville, ainsi que pour la réorganisation, le réaménagement, la restauration ainsi que la dédensification du tissu urbain existant, et la construction de nouveaux projets prenant en considération les risques géologiques.
- **L'intégration de la construction parasismique et anti inondations** dans les ouvrages à haute importance, comme les hôpitaux (Hôpital Mallot), les centres d'interventions (Caserne de BEO), les bâtiments du gouvernement (La Direction Générale de la Sûreté Nationale), afin que ces bâtiments soient fonctionnels durant et après l'événement.
- La **construction des centrales nucléaires loin des zones à risque naturel important.**
- **L'élaboration des cartes de risques du quartier de BEO** (Carte des aléas, carte de vulnérabilité)
- **L'élaboration des plans d'intervention et d'évacuation.**
- La **vulgarisation des phénomènes de risque et des plans d'intervention et d'évacuation** pour la population locale.

### **Pour la gestion des risques :**

- La bonne **communication entre le politique et le scientifique.**
- La bonne **coordination et organisation**, ainsi qu'une bonne communication entre les différents corps intervenants.
- La pratique (sous forme d'exercices) et la **mise à jour des plans d'interventions et d'évacuation.**
- La **disponibilité du financement et du matériel nécessaire** pour la gestion de la crise de manière suffisante.
- La mise en place d'une **stratégie de relèvement rapide** (déblaiement, reconstruction)

### Autre recommandation :

Dans notre recherche nous avons aussi proposé certaines mesures importantes qui renforcent considérablement la prévention et la gestion des risques :

- La mise en place d'un **réseau de surveillance et d'alerte**
- Le développement d'un procédé de **prise de décision**
- La construction d'une stratégie d'intervention et d'évacuation qui se constitue des points suivants :
  - Montrer clairement les tâches, le rôle et la zone d'intervention de chaque corps.
  - Prendre en considération les cartes des risques, qui déterminent les zones à haut, moyen et bas risque.
  - Prendre en considération les routes et voies d'évacuations sûres, à travers les différents scénarii de catastrophes mis en place par les scientifiques.
  - Effectuer un recensement de la disponibilité des ressources : matériels, logistique et humaine.
  - Mise à jours des plans d'intervention et d'évacuation durant la crise, par l'utilisation du GIS (Geographic Information System) et la télédétection satellite.
  - Permettre de conduire la population vers des zones plus sûres pour exemple : stades, terrains vagues, gymnases et autres.
  - Exercer les plans grâce à des simulations au moins une fois par an, et disponibilité à la population sous format vidéo et papier, et cela dans les écoles, universités, lieu de travail et sur des panneaux urbains.
- L'**information** de la population
- Le **réaménagement urbain**

Les interventions ponctuelles à appliquer sous forme d'une acupuncture, sur le tissu urbain du quartier de BEO, qui sont ressortie à travers cette recherche sont les suivantes :

### Pour le risque des inondations :

- La **re-naturalisation du cours d'eau de l'Oued M' Kessel**.
- La **dédensification du quartier de BEO**, et la **restauration** ou la reconstruction du tissu urbain vétuste
- La **protection de la partie littorale** du quartier contre les inondations.
- La **fermeture de la carrière Jaubert**, et déplacement des débris et résidus existants.
- La **désurbanisation du lit de l'Oued M' Kessel**.
- Le **développement du tissu végétal, le drainage, et le renforcement structurel des zones de glissements**.
- La **surveillance et l'entretien des deux collecteurs** de l'Oued M' Kessel.
- Encourager les **surfaces perméables**.
- La localisation des **zones sûres**, pour les regroupements.
- Le **renforcement des rez-de-chaussée** par des murs en béton armé, ainsi que leur imperméabilisation, et la minimisation des ouvertures.

- Encourager les **formes circulaires des bâtiments et l'orientation des angles droits vers la direction des cours d'eaux.**
- L'installation des **systèmes de pompage d'eau** dans les rez-de-chaussée et les caves des bâtiments.
- La **protection des maisons contre les érosions des sols.**

### **Pour le risque sismique :**

- La **restauration du tissu urbain** et son renforcement.
- La **dédensification du tissu urbain** par la destruction des édifices vétustes et en ruines.
- La **construction** de nouveaux bâtiments sous des **règles parasismiques** et l'**inspection** du cadre bâti existant.
- Les **réaménagements urbains préventifs** du quartier de BEO, par l'élargissement d'avenues et de boulevards existant, comme l'avenue Colonel Lotfi, Avenue Commandant Mira, Boulevard Basta, Boulevard Said Touati, et leur transformation en axes de circulation principales qui permettront une fluidité de déplacement lors d'évènements majeurs.
- La **protection contre les tsunamis** de la partie littorale du quartier, par l'installation d'un réseau de surveillance et d'alerte.
- Le **renforcement des zones de glissements**, en **surveillant les nappes phréatiques** et le **renforcement des sols par des pieux, le pompage des eaux et la diminution des masses sur ce type de terrain.**
- Le **renforcement des bâtiments de haute importance par les nouvelles technologies parasismiques**, qui doivent impérativement résister après un séisme. L'Hôpital maillot et la caserne militaire de BEO sont deux ouvrages important durant un évènement important.

# Conclusión General

---

## 1. Antecedentes.

### Antecedentes sísmicos:

Nuestra investigación está focalizada sobre una región de Argelia específica, la Ciudad de Argel y su área metropolitana. La Ciudad de Argel ha conocido algunas destrucciones por catástrofes naturales, que a veces fueron muy grandes y causaron muchas víctimas. Algunas de estas catástrofes han sido los terremotos de 1632, 1676, 1717 y 1755.

La ciudad de Argel es una zona sísmica donde puede ocurrir seísmos fuertes con una magnitud que suele llegar hasta  $M_s = 6/7$ . El seísmo de Boumerdes del 21 de Mayo de 2001 llegó a una magnitud de  $M_s = 6,8$ .

La amenaza sísmica es importante en las zonas que han conocido seísmos fuertes durante el pasado como por ejemplo: Argel, El Asnam, Setif, Constantine y Zemmouri (Boumerdes) . La antigüedad del tejido urbano, la falta del mantenimiento de los edificios y el desarrollo de las construcciones ilegales, aumentan la vulnerabilidad de la ciudad que puede conocer grandes catástrofes sísmicas y de inundaciones. La concentración y la dimensión de las infraestructuras e instalaciones y de la población, así como las actividades pueden tener un rol en la amplificación del riesgo de una catástrofe.

### Antecedentes hidrológicos:

Las inundaciones más importantes fueron las recientes del 10 de noviembre 2001 en Bab el Oued. Las causas de esta catástrofe que ha producido cientos de fatalidades fueron de origen humano, por el desarrollo de un urbanismo inadecuado, peligroso, sin tomar en cuenta los riesgos. Las causas de la catástrofe de Bab El Oued son las siguientes:

- Ausencia de los espacios de seguridad durante la creación del tejido urbano.
- Obstrucción del Oued MKessel durante el período colonial por razones de higiene.
- Construcción en el lecho del río y la urbanización de las cuencas hidrográficas.
- Construcción de una carretera rápida "Frais Valon "entre Chevalley y Triolet en el lecho de Oued MKessel.
- Densificación importante y la ausencia de la superficie permeable.
- El cierre con hormigón del túnel que permitía el drenaje del agua de la lluvia, desde las alturas de Bouzareah hasta el mar.
- Presencia de la Cantera Jaubert, una fuente de los escombros.
- La diferencia de nivel de 10 metros ( $\pm$ ) entre la intersección de Triolet y la plaza donde había el mercado de BEO. Esta diferencia de nivel ha hecho que los coches han tenido una caída de 10m, sobre un mercado muy importante de la ciudad, provocando muchas víctimas.

## 2. Métodos de análisis:

### Tipología constructiva:

Estudiar la **tipología constructiva** de la ciudad de Argel permite hacer una estratificación de los diferentes procesos y técnicas de construcción que corresponden a las grandes épocas. A nivel mediterráneo, J. Ptrovski ha identificado tres modelos de construcción que son:

- Antes de 1920, predominio de la construcción tradicional realizada con Adobe, y albañilería de piedra y de ladrillos, con forjados en madera o abovedado.
- Periodo entre 1920 y 1950, las construcciones en albañilería de piedra y de ladrillos con un forjado de hormigón armado.
- Después de 1950, las construcciones con un sistema de pilares y vigas en hormigón armado.

### Prevención de riesgos:

Se puede reducir el impacto de un fenómeno geológico mediante **la prevención de sus riesgos, desarrollando mapas de riesgos**. Estos nos ayudan a organizar nuestro urbanismo a diferentes escalas, y nos ayudan a determinar las medidas de prevención a diferentes niveles así como saber donde urbanizar y como distribuir las actividades sobre el tejido urbano.

**Para poder establecer un urbanismo seguro, hay que establecer los mapas de riesgos específicos para cada fenómeno.** Estos mapas son el resultado de una estratificación de mapas de vulnerabilidad y mapas de amenaza. Se puede también añadir el factor económico en la ecuación.

Gracias a los mapas de riesgos, podemos establecer planes de desarrollo sostenible y durable, así como planos de evacuación y de intervención seguros en caso de un evento.

## 3. Estudio y Aplicación en un barrio específico: Bab L' Oued

Para nuestra investigación hemos elegido el barrio de Bab El Oued (en adelante BEO), por su aspecto histórico y su ubicación en una zona donde tanto el riesgo sísmico como el riesgo de inundación son muy presentes. Su mismo nombre ( Puerta del río) ya nos advierte del problema.

Varios planos urbanos y estrategias de planificación han sido establecidos en diferentes periodos del desarrollo del barrio de BEO:

Podemos distinguir los proyectos siguientes:

- El gran proyecto urbano GPU (Grande Proyecto Urbano)
- Las orientaciones del CNERU ( Centro Nacional de Estudios E investigaciones Urbanas)
- El plano urbano PDEAU ( Plano Director de Organizacion y de Urbanismo)

**Ninguno de estos proyectos ha tomado en cuenta los riesgos geológicos, conocidos en la historia del barrio desde hace mucho tiempo.**

### **Riesgos sísmicos:**

Por el lado sísmico, el barrio de BEO está ubicado en una zona sísmica, con un alto nivel de riesgo. Según el método de “EMS- 92 Scale” la intensidad esperada es de 8 a 9. Las pérdidas económicas serán de 826 300000 USD para una intensidad de 8 sobre la escala de EMS-92, y de 1 558 000000 USD para una intensidad de 9 sobre la misma escala. El barrio de BEO, puede conocer destrucciones debidas a diferentes fallas presentes en la región, que son:

- La falla del Sahel
- La falla de Chenoua
- La falla de Blida
- La falla de Thenia
- La falla de Kheir El Din (en el mar)
- La falla de Zemmouri (en el mar)

Según las investigaciones, las fallas de Khair el Din y del Sahel son las que pueden generar los movimientos de tierra más importantes (300 a 800 Gal) por lo que concierne al barrio de BEO. La falla que también podemos considerar importante y puede afectar al barrio de BEO es la de Zemmouri, con movimientos de tierra de 200 a 300 Gal.

Las fallas de Kheir el Din y del Sahel pueden provocar las intensidades sísmicas más alta en el barrio de BEO, de 8 a 9 bajo la escala de MSK, lo que implicaría una destrucción muy importante del barrio. Los mismos seísmos pueden provocar corrimientos de tierra en Argel, específicamente en la región Oeste de la ciudad.

Según el análisis de riesgo mencionado en el capítulo 4, el barrio de BEO puede conocer perdidas muy importante durante un eventual futuro seísmo generado por la falla de Kheir El Din,

Según dicho estudio, de los 1884 edificios plurifamiliares y las 13.184 casas unifamiliares que constituyen el barrio, 616 edificios (33%) y 4311 casas (33%) serian destruidas, lo que puede generar del orden de 500 víctimas mortales, 2200 heridos, 28.000 personas sin domicilio, para una población de 87.600 habitantes.

### **Riesgos hidrológicos:**

Según los archivos, una alerta de riesgo de inundaciones fue hecha en 1874 según Gabriel Conesa (Robert Laffont 1970, Ed. Jacques Gandini 1995) y en 1900, el Oued M’kessel sale de su lecho y amenaza destrozarse las casas en su camino. En 1935, tras la obstrucción del lecho del Oued, que fue casi total, la cantidad de tierra depositada por razones higiénicas para cubrir los escombros fue del orden de 5000m<sup>3</sup>.

Tras la catástrofe de Bab El Oued, se decidió construir un proyecto de desdoblamiento del túnel de agua pluvial de Oued M’kacel en Argel, consistente en un túnel de una longitud de

4760 metros perforado principalmente con tuneladora y que discurre desde la glorieta de Baranes hasta el hospital universitario de Mayo, en el barrio de Bab El Oued. Los últimos 230m serán construidos a cielo abierto por causa de nivel de topografía. Este nuevo colector será conectado con los sistemas colectores existentes así que tomara el agua de las cuencas inferiores de Oued Branes, Oued Sidi Medjber, Oued Frais vallon, Oued Scotto Nadal, Oued Jaubert. El colector va a recoger una cantidad de 50m<sup>3</sup>/s de agua. El costo de este proyecto es de 5400 millones de Dinar (DA).

## **4. Criterios y propuestas para una reducción del impacto de riesgos naturales.**

La reducción del impacto de los fenómenos naturales, depende mucho de las estrategias elegidas de prevención y de gestión de los riesgos. Las iniciativas que recomendamos son las siguientes, que podemos clasificar como **criterios y propuestas**.

### **4.1. Criterios y propuestas generales**

#### **Criterios generales para la prevención de riesgos:**

- Sensibilización a los riesgos de los políticos y administradores en todos los niveles de la sociedad.
- La buena formación de los científicos e ingenieros, y los planificadores y arquitectos
- La presencia y la disponibilidad de financiación para el desarrollo sostenible de la ciudad y para la reorganización, la rehabilitación, restauración y la construcción de nuevos proyectos teniendo en cuenta los riesgos geológicos.
- La integración de la construcción antisísmica y anti inundaciones para los edificios de grande importancia, como los hospitales (Hospital Mallot), centros de intervención (cuartel de BEO), edificios del gobierno (Dirección general de la policía), para que los edificios sean funcionales durante y después de un evento.
- La construcción de las centrales nucleares fuera de las zonas con riesgos naturales importantes.
- Popularizar los fenómenos de riesgo y los planos de intervención y evacuación para la población local.

#### **Criterios generales para la gestión de riesgos:**

- La buena comunicación entre el político y el científico.
- La buena coordinación y organización, y la buena comunicación entre los diferentes organismos implicados.
- Práctica (como el ejercicio) y actualización de planes de intervención y de evacuación.
- La disponibilidad de fondos y materiales necesarios para la gestión de la crisis de manera adecuada.
- La implementación de una estrategia para la recuperación rápida (reconstrucción)

### **Propuestas generales:**

En nuestra investigación también hemos propuesto algunas medidas importantes que mejoran la prevención y gestión de los riesgos:

- El desarrollo de mapas de riesgo de la zona de BEO (Mapa de riesgos, mapa de la vulnerabilidad)
- El desarrollo de planes de respuesta y evacuación.
- El establecimiento de una red de monitoreo y alerta
- Desarrollo de un proceso de toma de decisión.
- Construir una estrategia de intervención y evacuación, que debe cumplir estos requisitos:
  - Mostrar claramente las tareas, funciones y zonas de intervención de cada cuerpo.
  - Considerar los mapas de riesgo, que determinan las zonas de riesgo alto, medio y bajo.
  - Tomar en cuenta las carreteras y vías seguras de evacuación, a través de los distintos escenarios de desastres desarrollados por los científicos.
  - Hacer un censo de la disponibilidad de los recursos: materiales, logística y humana.
  - Actualizar de los planes de intervención y evacuación durante la crisis, por el uso de los SIG (Sistema de Información Geográfica) y la teledetección por satélite.
  - Permitir la evacuación de la población en zonas más seguras.
  - Realizar ejercicios de los planes gracias a simulaciones por lo menos una vez al año, y la disponibilidad de estos planes a la gente en formato de video y papel, y esto en las escuelas, universidades, lugares de trabajo y paneles urbanos.
- Información a la población
- Reorganización Urbana

### **4.2. Propuestas específicas para una acupuntura urbana en Argel:**

Las intervenciones específicas que se aplicarán como la acupuntura en el área urbana de BEO, que surgió a través de esta investigación son:

#### **Propuestas específicas para el riesgo de inundaciones:**

- La re naturalización del curso de Oued M'kessel
- Bajar la densidad del barrio de BEO y la restauración o la reconstrucción del tejido urbano antiguo.
- La protección de la zona costera frente a las inundaciones.
- El cierre de la cantera Jaubert, y el desplazamiento de escombros y residuos existentes.
- Eliminar la urbanización en el lecho de Oued M'kessel.
- El desarrollo de tejido vegetal, el drenaje y el refuerzo estructural de las zonas de corrimientos.
- Vigilancia y mantenimiento de los dos colectores de Oued M Kessel.
- Extender a las superficies permeables, fomentando su amplificación.
- La ubicación de zonas seguras al nivel del barrio para reagrupar la población.

- Reforzar las plantas bajas gracias a muros de hormigón armado, y su impermeabilización, y la minimización de las aberturas.
- Alentar a las formas circulares de los edificios y la orientación los ángulos en dirección de los cursos de agua.
- Instalación de sistemas de bombeo de agua en la planta baja y sótanos de los edificios.
- La protección de las casas frente a la erosión de los suelos.

### **Propuestas específicas para el riesgo de seísmos:**

- La restauración del tejido urbano y su fortalecimiento.
- La disminución de la densidad urbana
- Construcción de nuevos edificios bajo normas antisísmicas y la inspección del tejido urbano existente.
- La reorganización del urbanismo del barrio de BEO para una prevención contra los riesgos eficiente.
- La protection contre les tsunamis de la partie littorale du quartier.
- Estabilizar las zonas de corrimientos de tierra.
- Fortalecimiento de los edificios de gran importancia por la nueva tecnología antisísmica.
- Realojamiento de la población afectada.

# Références

---

## Fotografías y dibujos :

- 6 Tal Shuval, la ville d'Alger vers la fin du 18<sup>ème</sup> siècle population et cadre urbain, Paris CNRS 2002, P.270
- 10 Tal Shuval, la ville d'Alger vers la fin du 18<sup>ème</sup> siècle population et cadre urbain, Paris CNRS 2002, P273
- 14 Boutelis & Cheboute « Télé port a Bab El Oued » Ecole d'architecture et d'Urbanisme EPAU, 2000
- 18 Boutelis & Cheboute « Télé port a Bab El Oued » Ecole d'architecture et d'Urbanisme EPAU, 2000
- 20 Rabah Bracene , Subsidence history in basins of northern Algeria , 2002
- 21 Anne Domzing, Searching for the Africa-Eurasia Miocene Boundary offshore western Algeria (Maradja 03 cruise), 2005.
- 23 Isma Chennit, Scenario d'évaluation des dommages sismiques a l'aide de la methode radius dans la région d'alger, CERG2001, P4-6.
- 29 Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation, Volume 1, juillet 2003, p 10 y 201.
- 31 Benouar & Molas & Yamazaki, Earthquake hazard mapping in the Maghreb countries: Algeria, Morocco, Tunisia. 1996
- 52 Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation, Volume 1, juillet 2003, p 16 à 20.
- 55 Hamadache, Peláez, Casado, Contribution of the Algiers earthquake (Mw 6.8) of May 21, 2003 to the probabilistic seismic hazard values in Northern Algeria, 2003.
- 58 Stefano Tinti, Alberto Armigliato, Gianluca Pagnoni and Filippo Zaniboni, Scenarios of giant tsunamis of tectonic origin in the Mediterranean, ISET Journal of Earthquake Technology, Paper No. 464, Vol. 42, No. 4, December 2005, pp. 171-188.
- 59 Stefano Tinti, Alberto Armigliato, Gianluca Pagnoni and Filippo Zaniboni, Scenarios of giant tsunamis of tectonic origin in the Mediterranean, ISET Journal of Earthquake Technology, Paper No. 464, Vol. 42, No. 4, December 2005, pp. 171-188.

- 69 Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation, Volume 1, juillet 2003, p 22.
- 71, 72 Isma Chennit, Scenario d'évaluation des dommages sismiques à l'aide de la méthode radius dans la région d'Alger, CERG 2001, Université de Genève, Faculté des sciences de la terre, p 13.
- 78 G. Bitelli , R. Camassi , L. Gusella , A. Mognol, Image change detection on urban area: the earthquake case, University of Bologna,2004
- 81 Madjid Makedhi, Journal El Watan, Titre: « Familles sinistrées des inondations de Ghardaïa et des autres wilayas », 15 octobre 2008.
- 83 C. Adamo , R. Solomon, S. Dietrich, A. Mugnai , G. Tripoli, Application of lis data to the multisensor analysis of south mediterranean severe storm microphysical structure.
- 87 Digital Globe, Digital Globe's Coverage of flooding in Ghardaia, Algeria, October, 2008
- 88 N. Aroua, E. Berezowska-azzag, Algiers urban vulnerability and resilience capacity face to the hydro climatic risks, 2007
- 90 D. Machane, Examples of geomorphologic and geological hazards in Algeria, 5<sup>th</sup> February 2008
- 91,92,93 [http://www.tunnelbuilder.es/headline\\_2007\\_3.htm](http://www.tunnelbuilder.es/headline_2007_3.htm)
- 112 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P27
- 114 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P38.
- 125 Amano Mai, SekiyaHidehiko, Yamaguchi Hirochi, presentación PowerPoint "Tsunami", 2007.
- 127, 128 Fumihiko Imamura, Mechanism of Tsunami, generation, propagation and runup (sharing experiences with Japanese), DCRC, Tohoku Univ, 2007.
- 133 The United States Geological Survey, and Agency of the United States Department of Interior. <http://ga.water.usgs.gov/edu/wcpagesize/spanish.html>
- 142 Brian W. McArdell, Ph.D, Debris flows and mud flows, Department of Natural Hazards, Swiss Federal Institute of Forest, Snow and Landscape Research (WSL).2005

- 143 Brian W. McArdell, Ph.D, Debris flows and mud flows, Department of Natural Hazards, Swiss Federal Institute of Forest, Snow and Landscape Research (WSL).2005
- 151 Brian W. McArdell, Ph.D, Debris flows and mud flows, Department of Natural Hazards, Swiss Federal Institute of Forest, Snow and Landscape Research (WSL).2005
- 162 <http://www.portaleureka.com/accesible/geologia/87-geologia/258-volcanes>
- 163 [http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:MSH80\\_eruption\\_mount\\_st\\_helens\\_05-18-80-dramatic-edit.jpg](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:MSH80_eruption_mount_st_helens_05-18-80-dramatic-edit.jpg)
- 164 Jean Louis Cheminée, CNRS Photothèque.
- 165 [http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Puu\\_oo.jpg](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Puu_oo.jpg)
- 166 [http://terreetvolcans.free.fr/images/bardintzeff\\_etna\\_2\\_4\\_25.jpg](http://terreetvolcans.free.fr/images/bardintzeff_etna_2_4_25.jpg)
- 167 <http://1618.es/historias/la-erupcion-del-mont-pelee.html>
- 168 [http://www.avo.alaska.edu/image\\_full.php?id=441](http://www.avo.alaska.edu/image_full.php?id=441)
- 169 <https://thelavazone.wikispaces.com/file/view/6a00d83420a76e53ef00e54f8870b48834-800wi.jpg>
- 170 <http://vulcan.wr.usgs.gov/Volcanoes/MSH/Images/MSH04/framework.html>
- 171 <http://www.sjordi.com/pictures/nica/big/cerro09.jpg>
- 172 [http://chaps.canalblog.com/images/Fuji\\_carte\\_virtuelle.jpg](http://chaps.canalblog.com/images/Fuji_carte_virtuelle.jpg)
- 173 Mueller, Marge & Ted (1997). Fire, Faults and Floods. University of Idaho Press, Moscow, Idaho. ISBN 0-89301-206-8.
- 175 Prof. Jean Jacques Wagner, Risk management related to natural hazard, CERG session 2005.
- 176 Scira Menoni, Vulnerability in urban contexts, CERG Session 2005.
- 181,182 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P67.
- 184, 185 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P73, 74. .
- 201,202,204,205 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P152.

- 212 Association française du génie parasismique, Guide de la conception parasismique des bâtiments, Edition Eyrolles 2004, P 106.
- 213 <http://www.archiexpo.fr> Salon virtual de l'Architecture.
- 214 Association française du génie parasismique, Guide de la conception parasismique des bâtiments, Edition Eyrolles 2004,P 109.
- 215,216,217,218 Association française du génie parasismique, Guide de la conception parasismique des bâtiments, Edition Eyrolles 2004,P 109,111, 112
- 221, 222, 225,226,227 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P104,105,107.
- 229 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P108.
- 231 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P106.
- 233 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P109.
- 238 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P117.
- 249,250,253, 255,257 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique,conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P134.
- 259,261,263, 265 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique,conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P137, 141,254.
- 268 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P257.
- 272 Association française du génie parasismique, Guide de la conception parasismique des bâtiments, Edition Eyrolles 2004, P129
- 274, 276 Association française du génie parasismique, Guide de la conception parasismique des bâtiments, Edition Eyrolles 2004, P130
- 277,279,280, 282,284 , 286 ,288,290 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments

reglementation, Edition Parenthèses 1996, P163, 164,165, 166, 168, 169, 170, 171,172,173.

- 292, 295, 297, 301, 303,305,307,309,311 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P163, 164,165, 166, 168, 169, 170, 171,172,173.
- 285 Association française du génie parasismique, Guide de la conception parasismique des bâtiments, Edition Eyrolles 2004, P131.
- 335 Prof. Jean-Jacques Wagner, Risk management related to natural hazards, University of Geneva, CERG session 2005
- 340 Yves Haerberlin, Ph.D, Einar Bjorgo, Ph.D, Risk Identification at the Local Level using Remote Sensing, UNOSAT, CERG 2005
- 347,349, 351,352, 354, 356 Ecole polytechnique d'architecture et d'Urbanisme, Travaux de diplômes, CD Mosaïque El Harrach Alger, 2005
- 361 SOGREAH consultants, Alger, dédoublement du collecteur d'eaux pluviales de l'Oued M'Kacel 2005.
- 362 [Http://www.algeroi.net](http://www.algeroi.net)
- 364 Mohamed BELAZOUGUI , Mohamed N. FARSI , Abdelkader REMAS ,Mahmoud BENSABIBI , Brahim MEZAZIGH, SEISMIC RISK ASSESSMENT OF CURRENT BUILDINGS OF ALGIERS CITY,13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada August 1-6, 2004 Paper No. 3115.
- 368,369,371, 372, 373,374, 375, 382 Japan International Cooperation Agency (JICA)
- 377 Ecole polytechnique d'architecture et d'Urbanisme, Travaux de diplômes, CD Mosaïque El Harrach Alger, 2005
- 382 Japan International Cooperation Agency (JICA)
- 383 [http://www.neabeloued.fr/divers/divers\\_rues\\_de\\_bab\\_el\\_oued/](http://www.neabeloued.fr/divers/divers_rues_de_bab_el_oued/)
- 384 <http://www.permeaway.fr/dalles-stabilisatrices-gravier-photos.php>

385 Djilali Benouar, Seismic vulnerability evaluation in the city of Algiers (Algeria), AURAN project, 4th world urban forum, Nanjing(China), 3-6 November 2008.

## Gráficos y tablas:

- 25 Deluz J.J, “aperçu Critique sur l’Architecture et l’Urbanisme à Alger » Edition EPAU, 1981
- 27 Ministère de l’Aménagement du territoire et de l’environnement, le risque sismique et le redéploiement des activités et de l’urbanisation, Volume 1, juillet 2003, p 8.
- 33 Ministère de l’Aménagement du territoire et de l’environnement, le risque sismique et le redéploiement des activités et de l’urbanisation, Volume 1, juillet 2003, p 16.
- 53 Peláez, Hamadache, Casado, Seismic hazard in Northern Algeria using spatially smoothed seismicity. Result for peak ground acceleration. 8 October 2002.
- 60 Isma Chennit, Scenario d’évaluation des dommages sismiques à l’aide de la méthode radius dans la région d’Alger, CERG 2001, Université de Genève, Faculté des sciences de la terre.
- 86 JRC European commission, Global flood detection system GDACS.
- 95 Munich Re Group, TOPICS geo , Annual review : Natural catastrophes 2003, 11<sup>th</sup> year 2004, p 8
- 108 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P31,32.
- 110 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P26.
- 111 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P27.
- 124 Wikipedia la enciclopedia libre <http://es.wikipedia.org/wiki/Maremoto>
- 239 Office Federal des eaux et de la geologie OFEG, Principe pour l’établissement et l’utilisation d’études de microzonage en Suisse Directives de l’OFEG Berne, 2004, P29.

- 242, 243 Association française du génie parasismique, Guide de la conception parasismique des bâtiments, Edition Eyrolles 2004, P55
- 247 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P133.
- 267 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des bâtiments réglementation, Edition Parenthèses 1996, P254.
- 333 Prof. Jean-Jacques Wagner, Risk management related to natural hazards, University of Geneva, CERG session 2005
- 338,339 Yves Haeberlin, Ph.D, Einar Bjorgo, Ph.D, Risk Identification at the Local Level using Remote Sensing, UNOSAT, CERG 2005
- 365 Mohamed BELAZOUGUI , Mohamed N. FARSI , Abdelkader REMAS ,Mahmoud BENSABIBI , Brahim MEZAZIGH, SEISMIC RISK ASSESSMENT OF CURRENT BUILDINGS OF ALGIERS CITY,13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada August 1-6, 2004 Paper No. 3115.
- 367 Japan International Cooperation Agency (JICA)
- 376,378, 379, 380, Japan International Cooperation Agency (JICA)

## Textos :

- (A) [http://www.chinadaily.com.cn/china/2006-08/17/content\\_667496.htm](http://www.chinadaily.com.cn/china/2006-08/17/content_667496.htm)
- (B) [http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id\\_articulo=102](http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=102)
- (C) Guidelines for Reducing Flood Losses, United Nations (UN) and International Strategy for Disaster Reduction (ISDR)
- (D) Algeria Urban Natural Hazard Vulnerability, World Bank August 8, 2002
- 1 Diego de Haëdo, « Topographie et Hisoire générale d'Alger » édition Bouchene page 22-25
- 2 Diego de Haëdo, « Topographie et Hisoire générale d'Alger » édition Bouchene page 29-30
- 3 <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/15094/Algiers>

- 4 Diego de Haëdo, « Topographie et Hisoire générale d'Alger » édition Bouchene P. 36-37
- 5 Diego de Haëdo, « Topographie et Hisoire générale d'Alger » édition bouchene P. 38-40
- 7 Tal Shuval, la ville d'Alger vers la fin du 18<sup>ème</sup> siècle population et cadre urbain, Paris CNRS 2002, P.16
- 8 Tal Shuval, la ville d'Alger vers la fin du 18<sup>ème</sup> siècle population et cadre urbain, Paris CNRS 2002, P.16
- 9 Tal Shuval, la ville d'Alger vers la fin du 18<sup>ème</sup> siècle population et cadre urbain, Paris CNRS 2002, P.44
- 11 Tal Shuval, la ville d'Alger vers la fin du 18<sup>ème</sup> siècle population et cadre urbain, Paris CNRS 2002, P227
- 12 Tal Shuval, la ville d'Alger vers la fin du 18<sup>ème</sup> siècle population et cadre urbain, Paris CNRS 2002 P.197
- 13 Boutelis & Cheboute « Télé port a Bab El Oued » Ecole d'architecture et d'Urbanisme EPAU, 2000
- 15, 16,17, Boutelis & Cheboute « Télé port a Bab El Oued » Ecole d'architecture et d'Urbanisme EPAU, 2000
- 19 Anne Domzing, Searching for the Africa-Eurasia Miocene Boundary offshore western Algeria (Maradja 03 cruise), 2005.
- 22 Isma Chennit, Scenario d'évaluation des dommages sismiques a l'aide de la methode radius dans la région d'alger, CERG2001, P4-6.
- 24, 26 <http://www.proventionconsortium.org>
- 28 Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation, Volume 1, juillet 2003, p 10.
- 30 Hafiane Abderrahim, "Les projets d'urbanisme récents en Algérie", 43rd ISOCARP Congress 2007
- 32 Djillali Benouar, Material for the investigation of historical seismicity in Algeria from the records of past earthquakes, June 2004.
- 34- 49, 62,63, 64 Djilali Benouar, Annali di Geofisica Vol 37, n°4 , July 1994.
- 50 [http://earthquake.usgs.gov/learning/today/his\\_08\\_18.php](http://earthquake.usgs.gov/learning/today/his_08_18.php)

- 51 Youcef Bouhadad, Ali Nour, Nacer Laouami & Djelloul Belhai, The Beni-Ourtilane-Tachaouaft fault and Seismotectonic aspects of the Babors region (NE of Algeria), 20 March 2002.
- 52 Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation, Volume 1, juillet 2003, p 16 à 20.
- 53 Peláez, Hamadache, Casado, Seismic hazard in Northern Algeria using spatially smoothed seismicity. Result for peak ground acceleration. 8 October 2002.
- 54 Peláez, Hamadache, Casado, Seismic hazard in Northern Algeria using spatially smoothed seismicity. Result for peak ground acceleration. 8 October 2002.
- 56 Boughacha, Ouyed, Ayadi, Benhallou, Seismicity and seismic hazard mapping of northern Algeria: Map of Maximum Calculated Intensities (MCI), Journal of sismologie 8, 1/10/2004
- 57 Stefano Tinti, Alberto Armigliato, Gianluca Pagnoni and Filippo Zaniboni, Scenarios of giant tsunamis of tectonic origin in the Mediterranean, ISET Journal of Earthquake Technology, Paper No. 464, Vol. 42, No. 4, December 2005, pp. 171-188.
- 58 Stefano Tinti, Alberto Armigliato, Gianluca Pagnoni and Filippo Zaniboni, Scenarios of giant tsunamis of tectonic origin in the Mediterranean, ISET Journal of Earthquake Technology, Paper No. 464, Vol. 42, No. 4, December 2005, pp. 171-188.
- 61 Djilali benouar, Investigation of the 1716 Algiers (Algeria) Earthquake and the Traditional Seismic Preventive Measures from Historical Documents, 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing (China), 12- 17 October 2008.
- 65, 66, Isma Chennit, Scenario d'évaluation des dommages sismiques à l'aide de la méthode radius dans la région d'Alger, CERG 2001, Université de Genève, Faculté des sciences de la terre, P 4.
- 67 Isma Chennit, Scenario d'évaluation des dommages sismiques à l'aide de la méthode radius dans la région d'Alger, CERG 2001, Université de Genève, Faculté des sciences de la terre, p 5.
- 68 Isma Chennit, Scenario d'évaluation des dommages sismiques à l'aide de la méthode radius dans la région d'Alger, CERG 2001, Université de Genève, Faculté des sciences de la terre, p 11.

- 69 Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation, Volume 1, juillet 2003, p 22.
- 70,71,72 Isma Chennit, Scenario d'évaluation des dommages sismiques à l'aide de la méthode radius dans la région d'Alger, CERG 2001, Université de Genève, Faculté des sciences de la terre, p 13.
- 73,74 Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation, Volume 1, juillet 2003, p 36,38,42.
- 75 Benouar,Abdessemed-Foufa, Atlas of Earthquake-Resistant Traditional Techniques in Algeria”The Case of the Casbah of Algiers”, Europeen Earthquake Engineering journal, EEE2,05,p2-29.
- 76 Benouar,Abdessemed-Foufa, Atlas of Earthquake-Resistant Traditional Techniques in Algeria”The Case of the Casbah of Algiers”, Europeen Earthquake Engineering journal, EEE2,05,p2-29.
- 77 Smara, A&M Belhadj-Aissa, Disaster Mapping in Algeria and Management using GIS and remote sensing technologies, Laboratoire de traitement d'images et rayonnements, Faculté d'Electronique et d'Informatique USTHB.
- 79 Conseil national économique et social, Commission de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, L'urbanisation et les risques naturels et industriels en Algérie : inquiétudes actuelles et futures.2003.
- 80 Mahi Tabet Aoul Association pour la Recherche sur le Climat et l'Environnement « Les changements d'utilisation et de couvert des sols et les ressources en eau » 1998
- 81 Madjid Makedhi, Journal El Watan, Titre: « Familles sinistrées des inondations de Ghardaïa et des autres wilayas », 15 octobre 2008.
- 82 Boulghobra Nouar, thèse doctorale « Protection de la ville de Skikda contre l'Inondation », Université de Batna, mai 2006.
- 83 C. Adamo , R. Solomon, S. Dietrich, A. Mugnai , G. Tripoli, Application of lis data to the multisensor analysis of south mediterranean severe storm microphysical structure.
- 84 ISDR Informs, Disaster Reduction in Africa, Issue 3/April 2004

- 85 Hayam El Hadi pour Magharibia, Les inondations en Algérie poussent le gouvernement à revoir son arsenal juridique sur la gestion des catastrophes, 2008.
- 86 JRC European commission, Global flood detection system GDACS.
- 87 Digital Globe, Digital Globe's Coverage of flooding in Ghardaia, Algeria, October, 2008
- 89 Djillali Benouar, La catastrophe du 10 novembre 2001 à Alger, Disaster reduction in Africa –ISDR informs, issue 3 April 2004. P29-31
- 91,92,93 [http://www.tunnelbuilder.es/headline\\_2007\\_3.htm](http://www.tunnelbuilder.es/headline_2007_3.htm)
- 94 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P11.
- 96 97 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P19,20,21.
- 98 La enciclopedia libre Wikipedia,  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Placas\\_tectonicas\\_es.svg](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Placas_tectonicas_es.svg)
- 99 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P23,24.
- 100 <http://www.assemblee-nat.fr/rap-oecst/risque95/titre1-3.asp>
- 101 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P24,25.
- 102 ,103 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, p25.
- 104 Source and propagation of seismic waves , Centre d'études des risques geologiques de l'Université de Genève, 2005.
- 105 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P30-31.

- 106 Patrick Smit, Frank & Ernest, Seismology and Engineering Seismologie, National Emergency Operations Center,2005.
- 107 , 108 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P31,32.
- 109 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des bâtiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P26.
- 111 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P27.
- 113 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des bâtiments réglementation, Edition Parenthèses 1996, P37.
- 115 , 116, 117, 118 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P38-39.
- 119, 120, 121 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P42-43.
- 122 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P48.
- 123 Fumihiko Imamura, Mechanism of Tsunami, generation, propagation and runup (sharing experiences with Japanese), DCRC, Tohoku Univ, 2007.
- 125 Amano Mai, SekiyaHidehiko, Yamaguchi Hirochi, presentación PowerPoint “Tsunami”, 2007.
- 126 Amano Mai, SekiyaHidehiko, Yamaguchi Hirochi, presentación PowerPoint “Tsunami”, 2007.
- 127, 128 Fumihiko Imamura, Mechanism of Tsunami, generation, propagation and runup (sharing experiences with Japanese), DCRC, Tohoku Univ, 2007.
- 129 J.Losada Rodriguez, Tsunamis, Universidad de Cantabria, 2006
- 130 Steven N. Ward , Simon Day, Cumbre Vieja Volcano : Potential collapse and tsunami at La Palma, Canary Islands, Institute of Geophysics and Planetary Physics, University of California, Santa Cruz California, USA, Benfield Greig Hazard Research Centre, Department of Geological Sciences, University College, London, UK,
- 131 CEA, The 9.3Mw Northern Sumatra Earthquake impact, 2004.

- 132 -141 Consuegra, Centre d'Etudes des risques Géologiques CERG
- 143 Brian W. McArdell, Ph.D, Debris flows and mud flows, Department of Natural Hazards, Swiss Federal Institute of Forest, Snow and Landscape Research (WSL).2005
- 144,145, 146, 147, 148, 149, 150,152,153,154 Brian W. McArdell, Ph.D, Debris flows and mud flows, Department of Natural Hazards, Swiss Federal Institute of Forest, Snow and Landscape Research (WSL).2005
- 155, 156, 157 Olivier Lateltin et OFEFP-SHGN à Berne, Prise en compte des dangers dus aux mouvements de terrain dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire (Recommandations 1997), Office fédéral de l'aménagement du territoire OFAT, Office fédéral de l'économie des eaux OFEE, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP, Berne 2001.
- 158, 159, 160 F.Noverraz, Etudes des risques géologiques quatrième session 1991, Risques liés aux terrains instables, Université de Genève, P7,8,9.
- 161 M.V.K Sivakumar , Drought, World Meteorological Organization (WMO), 2001
- 162 <http://www.portaleureka.com/accesible/geologia/87-geologia/258-volcanes>
- 174 Prof. Jean Jacques Wagner, Risk management related to natural hazard, CERG session 2005.
- 177, 178,179,180 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P64,65,66,67.
- 183, 186 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P73, 74.
- 187,188 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P75 ,76,80.
- 189 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P81

- 190 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, p84.
- 191, 192 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P81,85.
- 193,194,195 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P87,89.
- 196 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P93.
- 197,198,199 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P147, 149, 150.
- 200 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P151.
- 203 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P152.
- 206,207,208,210 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P155,156,157,158.
- 211 Association française du génie parasismique, Guide de la conception parasismique des bâtiments, Edition Eyrolles 2004, P106 a 112.
- 219 Association française du génie parasismique, Guide de la conception parasismique des bâtiments, Edition Eyrolles 2004,P 30.
- 220 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P101.
- 223 Association française du génie parasismique, Guide de la conception parasismique des bâtiments, Edition Eyrolles 2004, P33
- 225 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P107.

- 228 Association française du génie parasismique, Guide de la conception parasismique des bâtiments, Edition Eyrolles 2004, P38,39.
- 230 Association française du génie parasismique, Guide de la conception parasismique des bâtiments, Edition Eyrolles 2004, P41,42.
- 232 Association française du génie parasismique, Guide de la conception parasismique des bâtiments, Edition Eyrolles 2004, P42.
- 234,235 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P111.
- 236, 237 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P 113, 116.
- 240 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P124.
- 241 Association française du génie parasismique, Guide de la conception parasismique des bâtiments, Edition Eyrolles 2004, P54
- 244,245, 246,248 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P129,133,134.
- 251,252, 254,256 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P135, 136.
- 258,260 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P137.
- 262, 264 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P141,254.
- 265 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P254,255.
- 269 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P262.
- 270 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996, P142,143.

- 271 Association française du génie parasismique, Guide de la conception parasismique des bâtiments, Edition Eyrolles 2004, P128
- 273, 275,278, 281, 287, 289, 291 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des bâtiments réglementation, Edition Parenthèses 1996, P161.,163,166,167, 168, 169, 170,171,172
- 294, 296,298, 300,305,306,308,310 Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des bâtiments réglementation, Edition Parenthèses 1996, P161.,163,166,167, 168, 169, 170,171,172
- 312 Guidelines for Reducing Flood Losses United, United Nations.
- 313,314,315,316 ,317,318 Projet INUNDA – Actions pilotes de prévention des risques d'inondation dans des zones fortement urbanisées  
Composante 2 – Rapport méthodologique du CG34 – V2 – Juin 2006
- 319,320,321, 322,323,324,325 Projet INUNDA – Actions pilotes de prévention des risques d'inondation dans des zones fortement urbanisées  
Composante 2 – Rapport méthodologique du CG34 – V2 – Juin 2006
- 326, 329 David Consuegra, cour d'hydrologie, Université de Genève , CERG session 2005
- 327 Adachi Itsu , JICA's Assistance on flood risk Management , 25 January 2006
- 328 D.F. VanDine, Debris Flow Control Structures for Forest Engineering, Ministry of Forests Research Program 1996 Province of British Columbia.
- 330 Condado de Boulder Manual de proteccion contra inundaciones  
Transportation Departament Enero 2002
- 331,332 ,334 Prof. Jean-Jacques Wagner, Risk management related to natural hazards, University of Geneva, CERG session 2005
- 336,337 Yves Haeblerlin, Ph.D, Einar Bjorgo, Ph.D, Risk Identification at the Local Level using Remote Sensing, UNOSAT, CERG 2005
- 341,344, 345 S.Jimena Rodriguez Cid, Alojamiento temporal durante la rehabilitación de viviendas experimentación, Universidad Politecnica de Cataluña (UPC), 2003.

- 342 Federico Neder, Les maison de Fuller, la dimaxion house de R.Buckminster Fuller et autres machines à habiter, edition Infil.
- 343 <http://archigram.westminster.ac.uk/project.php?id=58>
- 346 Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra, Universidad de Kassel en Alemania, Gernot Minke, pagina 30
- 348,350,353,355,357 Ecole polytechnique d'architecture et d'Urbanisme, Travaux de diplômés, CD Mosaïque El Harrach Alger, 2005
- 358 El Watan Edition du 10 août 2004 par Djamel Zerrouk
- 359 Djamel Zerrouk, Réseau d'assainissement « Voyage dans les égouts d'Alger » El watan 20 mars 2005.
- 360 SOGREAHA consultants, Alger, dédoublement du collecteur d'eaux pluviales de l'Oued M'Kacel 2005.
- 363 Mohamed BELAZOUGUI , Mohamed N. FARSI , Abdelkader REMAS ,Mahmoud BENSAIBI , Brahim MEZAZIGH, SEISMIC RISK ASSESSMENT OF CURRENT BUILDINGS OF ALGIERS CITY,13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada August 1-6, 2004 Paper No. 3115.
- 366 Japan International Cooperation Agency (JICA)
- 370 Japan International Cooperation Agency (JICA)
- 380,381 Japan International Cooperation Agency (JICA)

# Bibliografia

---

## **Libros :**

Milan Zacek, Construire Parasismique, risque sismique, conception parasismique des batiments reglementation, Edition Parenthèses 1996.

Association française du génie parasismique, Guide de la conception parasismique des bâtiments, Edition Eyrolles 2004, P 106.

Diego de Haëdo, « Topographie et Hisoire générale d'Alger » édition Bouchene

Tal Shuval, la ville d'Alger vers la fin du 18ème siècle population et cadre urbain, Paris CNRS 2002

Deluz J.J, “aperçu Critique sur l'Architecture et l'Urbanisme à Alger » Edition EPAU, 1981

Federico Neder, Les maison de Fuller, la dimaxion house de R.Buckminster Fuller et autres machines à habiter, édition Infolio 2008.

G Mercalli and O. Silvestri, Fieldwork on Risk Assessment and its management in volcanic context : The Eolian Island Vulcano, University of Geneva (CERG), May 2005.

F. Neverraz, Etudes des risques géologiques : « Risques lies aux terrains instables », Université de Genève (CERG), 1991.

Emilio Rosenblueth, Diseño de estructuras resistentes a sismos, Edición Noriega Limusa, 1982

Hugo Bachmann, Seismic Conceptual Design of Buildings – Basic principles for engineers, architects, building owners, Office Federal des eaux et de la geologie OFEG, Biel 2003

## **Revistas:**

Office Federal des eaux et de la geologie OFEG, Principe pour l'établissement et l'utilisation d'études de microzonage en Suisse Directives de l'OFEG Berne, 2004

Munich Re Group, TOPICS Geo , Annual review : Natural catastrophes 2003, 11th year 2004

Arc News, Vol 29, number 4, Winter 2007/2008.

## **Informes:**

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation, Volume 1, juillet 2003.

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation, Volume 2, juillet 2003.

Isma Chennit, Scenario d'évaluation des dommages sismiques a l'aide de la methode radius dans la région d'alger, CERG2001.

Projet INUNDA – Actions pilotes de prévention des risques d'inondation dans des zones fortement urbanisées Composante 2 – Rapport méthodologique du CG34 – V2 – Juin 2006

Ecole polytechnique d'architecture et d'Urbanisme, Travaux de diplômés, CD Mosaïque El Harrach Alger, 2005

Yves Haeberlin, Ph.D, Einar Bjorgo, Ph.D, Risk Identification at the Local Level using Remote Sensing, UNOSAT, CERG 2005

Conseil national économique et social, Commission de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, L'urbanisation et les risques naturels et industriels en Algérie : inquiétudes actuelles et futures.2003.

Paul J Pilon, Guidelines for Reducing Flood Losses United, United Nations 2005.

Boulghobra Nouar, thèse doctorale « Protection de la ville de Skikda contre l'Inondation », Université de Batna, mai 2006.

Digital Globe, Digital Globe's Coverage of flooding in Ghardaia, Algeria, October, 2008

JRC European commission, Global flood detection system GDACS.

M.V.K Sivakumar , Drought, World Meteorological Organization (WMO), 2001

United Nations, Risk and poverty in changing climate, Global assessment report on disaster risk reduction 2009.

## Artículos:

Rabah Bracene , Subsidence history in basins of northern Algeria , 2002

Anne Domzing, Searching for the Africa-Eurasia Miocene Boundary offshore western Algeria (Maradja 03 cruise), 2005.

Hafiane Abderrahim, "Les projets d'urbanisme récents en Algérie", 43rd ISOCARP Congress 2007

Benouar & Molas & Yamazaki, Earthquake hazard mapping in the Maghreb countries: Algeria, Morocco, Tunisia. Earthquake Engineering & Structural Dynamics, Volume25, octobre1996

Benouar, Materials for the investigation of historical seismicity in Algeria from the records of pastearthquakes, Annals of Geophysics (annali di geofisica), Vol. 47, No.2/3, 2004

Benouar, Materials for the investigation of historical seismicity in Algeria from the records of pastearthquakes, Annals of Geophysics (annali di geofisica), Vol. 47, No.2/3, 2004

Youcef Bouhadad, Ali Nour, Nacer Laouami & Djelloul Belhai, The Beni-Ourtlane-Tachouaft fault and Seismotectonic aspects of the Babors region (NE of Algeria), 20 March. JOURNAL OF SEISMOLOGY , Springer, Dordrecht, PAYS-BAS, 2003, vol. 7, no1

Peláez, Hamadache, Casado, Seismic hazard in Northern Algeria using spatially smoothed seismicity. Result for peak ground acceleration. Science Direct, Tectonophysics 372, , 8 October 2002.

Djilali benouar, Investigation of the 1716 Algiers (Algeria) Earthquake and the Traditional Seismic Preventive Measures from Historical Documents, 14thWorld Conference on Earthquake Engineering, Beijing (China), 12- 17 October 2008.

Benouar,Abdessemed-Foufa, Atlas of Earthquake-Resistant Traditional Techniques in Algeria”The Case of the Casbah of Algiers”, European Earthquake Engineering journal, EEE2,05,p2-29.

Djillali Benouar, La catastrophe du 10 novembre 2001 à Alger, Disaster reduction in Africa – ISDR informs, issue 3 April 2004. P29-31

Mohamed BELAZOUGUI , Mohamed N. FARSI , Abdelkader REMAS ,Mahmoud BENSABBI , Brahim MEZAZIGH, SEISMIC RISK ASSESSMENT OF CURRENT BUILDINGS OF ALGIERS CITY,13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada August 1-6, 2004 Paper No. 3115.

C. Adamo , R. Solomon, S. Dietrich, A. Mugnai , G. Tripoli, Application of lis data to the multisensor analysis of south mediterranean severe storm microphysical structure.ISDR Informs, Disaster Reduction in Africa, Issue 3/April 2004

Olivier Lateltin et OFEFP-SHGN à Berne, Prise en compte des dangers dus aux mouvements de terrain dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire (Recommandations 1997), Office fédéral de l'aménagement du territoire OFAT, Office fédéral de l'économie des eaux OFEE, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP, Berne 2001.

Mueller, Marge & Ted (1997). Fire, Faults and Floods. University of Idaho Press, Moscow, Idaho. ISBN 0-89301-206-8.

Djilali Benouar, Seismic vulnerability evaluation in the city of Algiers (Algeria), AURAN project, 4th world urban forum, Nanjing (China), 3-6 November 2008.

Stefano Tinti, Alberto Armigliato, Gianluca Pagnoni and Filippo Zaniboni, Scenarios of giant tsunamis of tectonic origin in the Mediterranean, ISET Journal of Earthquake Technology, Paper No. 464, Vol. 42, No. 4, December 2005, pp. 171-188.

Steven N. Ward , Simon Day, Cumbre Vieja Volcano : Potential collapse and tsunami at La Palma, Canary Islands, Institute of Geophysics and Planetary Physics, University of California, Santa Cruz California, USA, Benfield Greig Hazard Research Centre, Department of Geological Sciences, University College, London, UK,

SOGREAH consultants, Alger, dédoublement du collecteur d'eaux pluviales de l'Oued M'Kacel , Yann Dutasta, Branche Environnement Urbain et Industriel 2005.

Gernot Minke, Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra, Universidad de Kassel en Alemania, Abril 2005.

S.Jimena Rodriguez Cid, Alojamiento temporal durante la rehabilitación de viviendas experimentación, Universidad Politecnica de Cataluña (UPC), 2003.

N. Aroua, E. Berezowska-azzag, Algiers urban vulnerability and resilience capacity face to the hydro climatic risks, 2007

D. Machane, Examples of geomorphologic and geological hazards in Algeria, 5th February 2008

Munich Re Group, TOPICS geo , Annual review : Natural catastrophes 2003, 11th year 2004

Smara, A&M Belhadj-Aissa, Disaster Mapping in Algeria and Management using GIS and remote sensing technologies, Laboratoire de traitement d'images et rayonnements, Faculté d'Electronique et d'Informatique USTHB, 2005.

D. Machane, Examples of geomorphologic and geological hazards in Algeria, Nat Hazards (2008) 5th February 2008

J.Losada Rodriguez, Tsunamis, Universidad de Cantabria, Revista IT N°74, 2006

Condado de Boulder Manual de protección contra inundaciones, Transportación  
Departament Enero 2002

D.F. VanDine, Debris Flow Control Structures for Forest Engineering, Ministry of Forests  
Research Program 1996 Province of British Columbia.

Boughacha, Ouyed, Ayadi, Benhallou, Seismicity and seismic hazard mapping of northern  
Algeria: Map of Maximum Calculated Intensities (MCI), Journal of sismologie 8, 1/10/2004

Hamadache, Peláez, Casado, Contribution of the Algiers earthquake (Mw 6.8) of May 21,  
2003 to the probabilistic seismic hazard values in Northern Algeria, 2003.

Mahi Tabet Aoul Association pour la Recherche sur le Climat et l'Environnement « Les  
changements d'utilisation et de couvert des sols et les ressources en eau » 1998

D.F. VanDine, Debris Flow Control Structures for Forest Engineering, Ministry of Forests  
Research Program 1996 Province of British Columbia.

Adachi Itsu , JICA's Assistance on flood risk Management , 25 January 2006

N. Aroua, E. Berezowska-azzag, Algiers urban vulnerability and resilience capacity face to  
the hydro climatic risks, 2007

Patrick Smit, Frank & Ernest, Seismology and Engineering Seismologie, National Emergency  
Operations Center,2005.

Fumihiko Imamura, Mechanism of Tsunami, generation, propagation and runup (sharing  
experiences with Japanese), DCRC, Tohoku Univ, 2007.

Brian W. McArdeil, Ph.D, Debris flows and mud flows, Department of Natural Hazards,  
Swiss Federal Institute of Forest, Snow and Landscape Research (WSL).2005

## **Periódicos:**

Djamal Zerrouk, Réseau d'assainissement « Voyage dans les égouts d'Alger » El watan 20  
mars 2005.

El Watan Edition du 10 août 2004 par Djamel Zerrouk

Madjid Makedhi, Journal El Watan, Titre: « Familles sinistrées des inondations de Ghardaïa  
et des autres wilayas », 15 octobre 2008.

Hayam El Hadi pour Magharibia, Les inondations en Algérie poussent le gouvernement à  
revoir son arsenal juridique sur la gestion des catastrophes, 2008.

Boutelis & Cheboute « Télé port a Bab El Oued » Ecole d'architecture et d'Urbanisme  
EPAU, 2000

## **Cursos:**

Prof. Jean Jacques Wagner, Risk management related to natural hazard, CERG session 2005.

Scira Menoni, Vulnerability in urban contexts, CERG Session 2005.

David Consuegra, cour d'hydrologie, Université de Genève , CERG session 2005.

David Consuegra, cour d'hydrologie, Université de Genève , CERG session 2005.

F.Noverraz, Etudes des risques géologiques , quatrieme session 1991, Risques lies aux terrains instables, Université de Genève.

Consuegra, Centre d'Etudes des risques Géologiques CERG, Université de Genève, 2005.

Amano Mai, SekiyaHidehiko, Yamaguchi Hirochi, presentación PowerPoint "Tsunami", 2007.

## **Sitios web:**

[http://earthquake.usgs.gov/learning/today/his\\_08\\_18.php](http://earthquake.usgs.gov/learning/today/his_08_18.php)

[http://www.proventionconsortium.org/themes/default/pdfs/urban\\_risk/AURAN\\_Algers\\_phase1.pdf](http://www.proventionconsortium.org/themes/default/pdfs/urban_risk/AURAN_Algers_phase1.pdf)

[http://www.tunnelbuilder.es/headline\\_2007\\_3.htm](http://www.tunnelbuilder.es/headline_2007_3.htm)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Placas\\_tectonicas\\_es.svg](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Placas_tectonicas_es.svg)

<Http://www.assemblee-nat.fr/rap-oecst/risque95/titre1-3.asp>

Wikipedia la enciclopedia libre <http://es.wikipedia.org/wiki/Maremoto>

<http://www.portaleureka.com/accesible/geologia/87-geologia/258-volcanes>

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:MSH80\\_eruption\\_mount\\_st\\_helens\\_05-18-80-dramatic-edit.jpg](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:MSH80_eruption_mount_st_helens_05-18-80-dramatic-edit.jpg)

[http://terreetvolcans.free.fr/images/bardintzeff\\_etna\\_2\\_4\\_25.jpg](http://terreetvolcans.free.fr/images/bardintzeff_etna_2_4_25.jpg)

<http://1618.es/historias/la-erupcion-del-mont-pelee.html>

[http://www.avo.alaska.edu/image\\_full.php?id=441](http://www.avo.alaska.edu/image_full.php?id=441)

<https://thelavazone.wikispaces.com/file/view/6a00d83420a76e53ef00e54f8870b48834-800wi.jpg>

<http://vulcan.wr.usgs.gov/Volcanoes/MSH/Images/MSH04/framework.html>

<http://www.sjordi.com/pictures/nica/big/cerro09.jpg>

[http://chaps.canalblog.com/images/Fuji\\_carte\\_virtuelle.jpg](http://chaps.canalblog.com/images/Fuji_carte_virtuelle.jpg)

<http://www.archiexpo.fr> Salon virtual de l'Architecture.

<http://archigram.westminster.ac.uk/project.php?id=58>

[http://www.neabeloued.fr/divers/divers\\_rues\\_de\\_bab\\_el\\_oued/](http://www.neabeloued.fr/divers/divers_rues_de_bab_el_oued/)

<http://www.permeaway.fr/dalles-stabilisatrices-gravier-photos.php>

<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/15094/Algiers>

The United States Geological Survey, and Agency of the United States Department of Interior. <http://ga.water.usgs.gov/edu/wcpagesize/spanish.html>

Japan International Cooperation Agency (JICA) web site.

# Anexos

---

# Anexos 1

---

*Aspect économique dans la gestion des risques géologiques*

## **Le développement économique :**

Le développement économique est le processus par lequel une nation augmente ses capacités et diminue sa vulnérabilité. (Charveriat 2000).

Selon Debraj Ray (1998) c'est un concept multi facial, qui incorpore non seulement les revenus et leur évolution, mais aussi l'achèvement dans d'autres domaines : réduction de la mortalité infantile, une plus grande espérance de vie, augmentation de l'alphabétisation, Généralisation de l'accès aux soins médicaux et au système de santé.

D'après A. Sen, le développement économique peut être perçu comme un processus d'expansion de la réelle liberté dont le peuple jouit. Une liberté humaine qui trouve sa juste valeur dans le peuple. Selon lui, les sources de l'état de non droit sont la pauvreté, la dictature, une faible économie, difficultés sociales, négligence des commodités publiques.

4.6.2- Le PIB comme indicateur du développement économique :

L'un des indicateurs les plus importants du développement économique est le Produit Intérieur Brut (PIB). Il est une mesure de la valeur de l'ensemble des biens et services produits sur le territoire d'un pays donné sur une période temporelle donnée, en général cette période va d'un semestre à une année. Le PIB ne mesure que le flux de production, il ne prend en compte ni le stock de capital, ni les dettes. Il ne prend pas non plus le flux de dépréciation.

Il est possible de calculer le PIB à travers trois approches :

L'approche des dépenses ou l'investissement :

$PIB = \text{La consommation} + \text{l'investissement} + \text{Le stock} + (\text{Exportations} - \text{Importation})$

L'approche du rendement ou de la production :

$PIB = \sum \text{Valeurs ajoutés (VA)}$

$VA = \text{Valeur total de la production des entreprise} - \text{Valeur des marchandises intermédiaires}$

L'approche par le facteur des revenus :

$PIB = \sum \text{des salaires, loyers, transferts, taxes indirectes} - \text{les subsides} + \text{la dépréciation.}$

## **L'influence d'un événement naturel majeur sur l'économie :**

L'influence d'une crise due à un événement naturel majeur (séisme, inondations) est très importante. Bien qu'une situation de catastrophe peut nous amener à penser que le développement économique d'une région est gravement atteint, des études économiques ont fréquemment montré le contraire. La majorité des régions touchées par une catastrophe naturelle ont connu un développement considérable à moyen et long terme. Cela est dû au fait que le tissu économique touché par le phénomène naturel doit être reconstruit ou remplacé par un nouveau. Cela dit, les machines, les technologies, les infrastructures, les bâtiments, doivent tous être renouvelés avec un nouvel équipement et une nouvelle technologie. Cela amène certes à des dépenses importantes et une baisse du PIB à court terme, mais à moyen terme nous commençons à observer une nette amélioration de la situation, et un bon développement à long terme. Mais cela est valable dans des pays où une bonne gouvernance existe, où des

efforts de reconstruction sincères sont mis en place pour la reconstruction de la région. Mais parfois dans les pays où la corruption est maître à bord, ces objectifs sont difficiles à réaliser.

Une des plus importantes idées à retenir c'est que les catastrophes naturelles affectent le développement mais ce n'est pas un problème pour le développement. (Albala-Bertrand, 1993)

Selon Allan Lavell (1999), les résultats de nombreuses études effectuées dans des régions touchées par des catastrophes naturelles ont montré que ces régions ont connu un développement à moyen et long terme après la crise. Cela peut être très surprenant de dire que les catastrophes naturelles peuvent être considérées comme une opportunité de développement, mais souvent il résulte paradoxalement exacte.

Freeman (2002) considère pourtant que les ressources financières destinées vers des projets de reconstruction et de relief sont du même niveau d'importance que les projets destinés au développement économique. C'est pour cela qu'il est incompréhensible que les efforts dans le cadre de la lutte contre la pauvreté restent que des projets planifiés sans réalisation future. Il faut savoir que les catastrophes naturelles influencent de trois manières les revenus des pauvres :

- Interrompent les revenus
- Interrompent l'activité des personnes
- Détruisent la plupart des infrastructures et services publics.

Enfin, selon Vatsa et Krimgold (200), les catastrophes naturelles ont une influence négative sur l'économie informelle, et sur les pays où ce type d'économie est considéré comme un important secteur. L'estimation du coût des pertes dues à la catastrophe est considérablement sous-estimée.

### **Définition économique du risque :**

Dans les sciences économiques on définit rarement le risque comme étant le produit du hasard et de la vulnérabilité et de la valeur, on le définit plus comme étant le produit de la probabilité d'un événement et de ses effets exprimés en terme de monétaire.<sup>1</sup> Dans l'analyse économique il est indispensable de recourir au concept de « l'attitude » que nous expliquerons un peu plus loin dans ce chapitre. Le système d'assurance, le marché boursier, la taxation, ont le rôle de répartition du risque. Ces institutions permettent de faciliter la réalisation de multiples activités économiques. D'après Henry Ford, les vrais bâtisseurs des gratte-ciel de New York sont les assureurs.<sup>2</sup>

Pour mieux comprendre l'enjeu des sciences économiques dans le domaine des risques majeurs, Nous pouvons aborder les points suivants :<sup>3</sup>

1. Critère de décision.
2. Attitude envers le risque

---

<sup>1</sup> Franco Romero, Les sciences économiques et la problématique du risque majeur. Extrait du livre, Management des risques majeurs : des disciplines à l'interdisciplinarité, document de travail n°1 Université de Genève, 2001, P135.

<sup>2</sup> Franco Romero, Les sciences économiques et la problématique du risque majeur. Extrait du livre, Management des risques majeurs : des disciplines à l'interdisciplinarité, document de travail n°1 Université de Genève, 2001, P135.

<sup>3</sup> Franco Romero, Les sciences économiques et la problématique du risque majeur. Extrait du livre, Management des risques majeurs : des disciplines à l'interdisciplinarité, document de travail n°1 Université de Genève, 2001, P136.

### 3. Répartition du risque et diminution des incertitudes.

#### A- Les critères de décision :

Les Critères de décision peuvent être représentés en deux parties :

- Avenir non- probabilisable : (valable uniquement pour des phénomènes et pas pour des stratégies économiques)

Nous avons une matrice qui considère 3 options J (Projet 1, projet 2, projet 3) qui sont proposés à une personne qui doit prendre une décision, ainsi que 3 états de la nature K (Forte croissance, stabilité, décroissance), pour ces états de nature il ne nous est pas possible d'assigner des probabilités de survenances. Chaque option et chaque nature comporte un résultat sous forme de revenu, d'utilité etc..., qui est  $U_{jk}$ .

$U_{jk}$	K1	K2	K3
J1	20	5	-6
J2	8	10	2
J3	3	4	6

Tableau des options J et de nature K

On peut disposer des critères de décision suivants :

- ❖ Le critère MAXIMIN : pour chaque option on peut évaluer le résultat le plus mauvais, dans notre cas c'est -6, 2, 3. Ensuite on peut choisir l'option qui donne le résultat le moins mauvais, qui est donc la décision 3. Ce critère présuppose une attitude pessimiste envers le risque.
- ❖ Le critère MAXIMAX : pour chaque option, on peut identifier le meilleur résultat, ce qui donne 20, 10, 6. Ensuite on peut choisir l'option qui donne le meilleur résultat, qui est dans notre cas la décision 1. Ce critère présuppose une attitude optimiste envers le risque.
- ❖ Le critère de RAISON INSUFFISANTE : Pour chacune des options proposées, nous devons calculer la moyenne des résultats, dans notre cas ça sera  $19/3, 20/3, 13/3$  et on choisit celle où  $U_{jk}$  est le plus élevé.
- ❖ Critère de HURWICZ : Pour ce critère on utilise la formule suivante en considérant que  $\alpha = 0.6$ , et l'on choisit le meilleur résultat, et dans notre cas c'est l'option n°2 avec un résultat de 5,2.

$$(\alpha \times \min U_{jk}) + [(1-\alpha) \times \max U_{jk}]$$

- ❖ Critère MINIMAX DU REGRET : dans ce critère on choisit l'option qui engendre le moins de regret. Pour cela on utilise la formule suivante :

$$\text{Minmax } R_{jk} \text{ ou } R_{jk} = \max U_{jk} - U_{jk}$$

Ce qui nous donne le tableau suivant :

Rjk	K1	K2	K3
J1	0	5	12
J2	12	0	4
J3	17	6	0

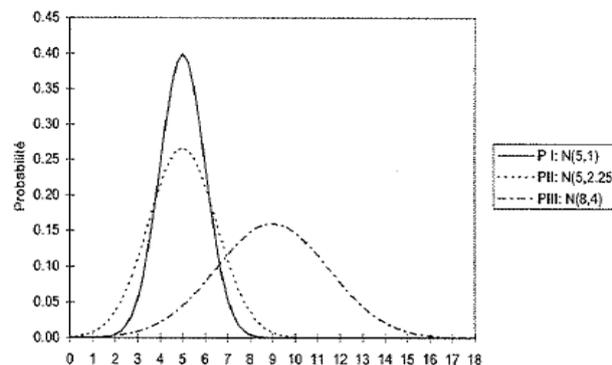
Tableau des options J et de nature K

Dans notre cas on ne peut pas choisir entre l'option 1 et 2 car il nous donne le même résultat qui est  $R_{j(1,2)k} = 12$ .

➤ Avenir probabilisable : <sup>4</sup>

Lorsque on est en mesure d'associer les probabilités aux événements, il nous est possible de baser nos décisions sur des critères de :

1. Dominance stochastique : on prend en considération l'information fournie par l'intégralité de la distribution de probabilité des effets.
2. Critères Biparamétriques : on tient compte de l'espérance mathématique et de la variance qui indique la dispersion des résultats.



Distributions de probabilités de type normal pour le projet 1,2,3<sup>5</sup>

À partir de ce graphe nous pouvons observer que le projet 1 est nettement plus intéressant que le projet 2. Car pour pratiquement le même gain nous observons une probabilité de 0.40 pour le projet 1 et de 0.25 pour le projet 2. Par contre, le projet 3 fait apparaître une moyenne et une variance nettement plus élevées. Le choix du projet appartient au décideur dans ce cas.

Le deuxième critère de décision est celui de l'espérance mathématique. Il est important de prendre la plus élevée, mais dont la probabilité de produire des résultats au dessous d'un certain seuil critique est très faible.

<sup>4</sup> Franco Romerio, Les sciences économiques et la problématique du risque majeur. Extrait du livre, Management des risques majeurs : des disciplines à l'interdisciplinarité, document de travail n°1 Université de Genève, 2001, P138.

<sup>5</sup> Franco Romerio, Les sciences économiques et la problématique du risque majeur. Extrait du livre, Management des risques majeurs : des disciplines à l'interdisciplinarité, document de travail n°1 Université de Genève, 2001, P138.

$$\text{Max } E(x) \text{ sous la contrainte } P [ E(x) < h ] \leq a$$

H : le seuil critique

A : la probabilité d'occurrence (exemple : 5%).

### B- l'attitude envers le risque :

C'est la base de la théorie économique de l'incertitude et du risque « Théorie de l'utilité espérée ». Pour cela nous allons étudier un exemple présenté par le professeur Franco Romerio dans son article « Les sciences économiques et la problématique du risque majeur ».

Prenons le cas de jeux de hasard ou l'investissement dans une industrie, où un individu peut gagner 100 avec une probabilité de 0,9 et 0 avec une probabilité de 0,1. Dans ce cas l'espérance mathématique est de 90.

Si nous observons le graphe suivant, qui met en relation l'utilité ressentie par un individu avec des gains d'argent (cela peut être aussi le cas d'une institution, un gouvernement ou une entreprise).

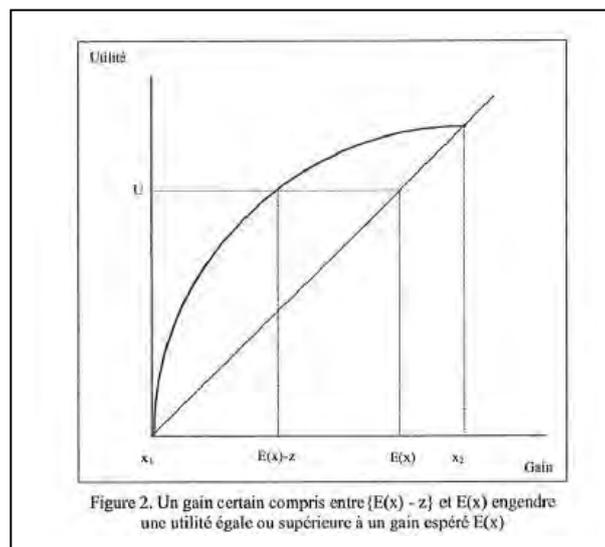
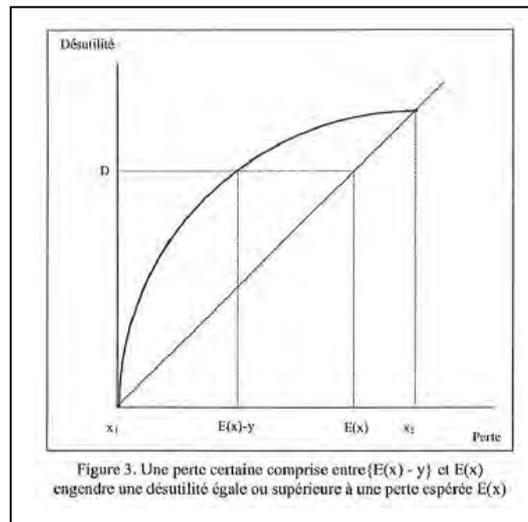


Figure 2. Un gain certain compris entre  $\{E(x) - z\}$  et  $E(x)$  engendre une utilité égale ou supérieure à un gain espéré  $E(x)$

- La droite représente la fonction d'utilité d'un individu indifférent envers le risque.
- Cette droite est aussi la fonction d'utilité d'un individu risquophobe, mais seulement pour un gain aléatoire.
- La courbe concave représente la fonction d'utilité du même individu pour un gain certain.
- Le niveau U est celui provoqué par un gain espéré  $E(x) = 90$  pour les deux types d'individus.
- L'individu risquophobe atteint ce niveau avec un gain certain de  $E(x) - z$ . cela veut dire que cet individu est prêt à payer une somme Z pour obtenir un gain certain. Cette

somme d'argent est appelé « Prime de risque », et le montant  $EX-Z$  est appelé « Equivalent Monétaire Certain » (EMC).

Dans ce deuxième graphe nous considérons des pertes et admettons que l'individu est risquophile. Dans le premier cas l'individu préfère un gain certain de  $Ex-Z$  à un gain espéré  $EX$ . dans ce deuxième cas l'individu préfère une perte espéré de  $Ex$  à une perte certaine  $Ex-y$ .



Cet exemple montre clairement les différentes attitudes envers le risque d'un point de vue économique « risquophobe, risquophile, neutre », lorsque l'espérance mathématique est calculable. Nous attirons l'attention sur le fait que, lorsque nous utilisons cette théorie de l'utilité espérée il est important de considérer trois points : l'ampleur du gain ou de perte, la probabilité de survenance, l'enjeu par rapport à la fortune de l'individu.

### C- La répartition du risque :

Elle se fait de manière à neutraliser l'aversion ou l'attrait pour le risque manifesté par les individus, et il est possible de diminuer les incertitudes sur les risques grâce à la loi des grands nombres qui permet d'améliorer la prévision du risque. <sup>6</sup> (Cette loi est valable dans le cas des risques statiquement indépendants).

Logiquement si le risque est reparti entre plusieurs personnes en nombre  $N$ , alors la prime de risque «  $Z$  » doit elle aussi être répartie sur le nombre de personnes au carré  $N^2$ .

La loi des grands nombres montre que plus les observations sont nombreuses, plus on s'approche de la probabilité réelle du phénomène étudié, et ainsi diminuer les marges de l'incertitude et améliorer la prévision du risque.

Du point de vue institutionnel, celles qui permettent de répartir le risque et d'améliorer la prévision sont :

<sup>6</sup> Franco Romerio, Les sciences économiques et la problématique du risque majeur. Extrait du livre, Management des risques majeurs : des disciplines à l'interdisciplinarité, document de travail n°1 Université de Genève, 2001, P142.

- Les assurances : on y admet les individus risquophobes, les individus assurés réduisent considérablement l'impact d'un événement défavorable. Grâce aux assurances on subdivise le risque sur les différents actionnaires, et si le risque est trop élevé, la compagnie d'assurance et de réassurance créent un pool.
- Les actions et les obligations : on y admet aussi des actionnaires risquophobes. Dans ce cas le fait que les actionnaires diversifient leur portefeuille, ils repartissent et réduisent le risque. Le fait que le nombre d'actionnaire est élevé, cela apporte des sources financières d'investissements (obligations), qui repartissent le risque sur le nombre d'actionnaires.
- Les institutions financières spécifiques, comme les produits proposés par Chicago Board of Trade (CBOT) portant le nom de « Cat Options ». on cite aussi la bourse spécialisée dans la négociation des catastrophes naturelles, nommé « Catastrophe Risk Exchange » (CETEX). Enfin, on a les Cat Bond qui sont des obligations indexées sur indices d'événements naturels.
- Les marchés à terme
- La taxation, elle permet de répartir le risque sur les différents contribuables.

## Anexos 2

---

*Información complementaria al capítulo 3, tomada desde el libro de Milan Zacek*

## Las fundaciones en la construcción antisísmica: 199

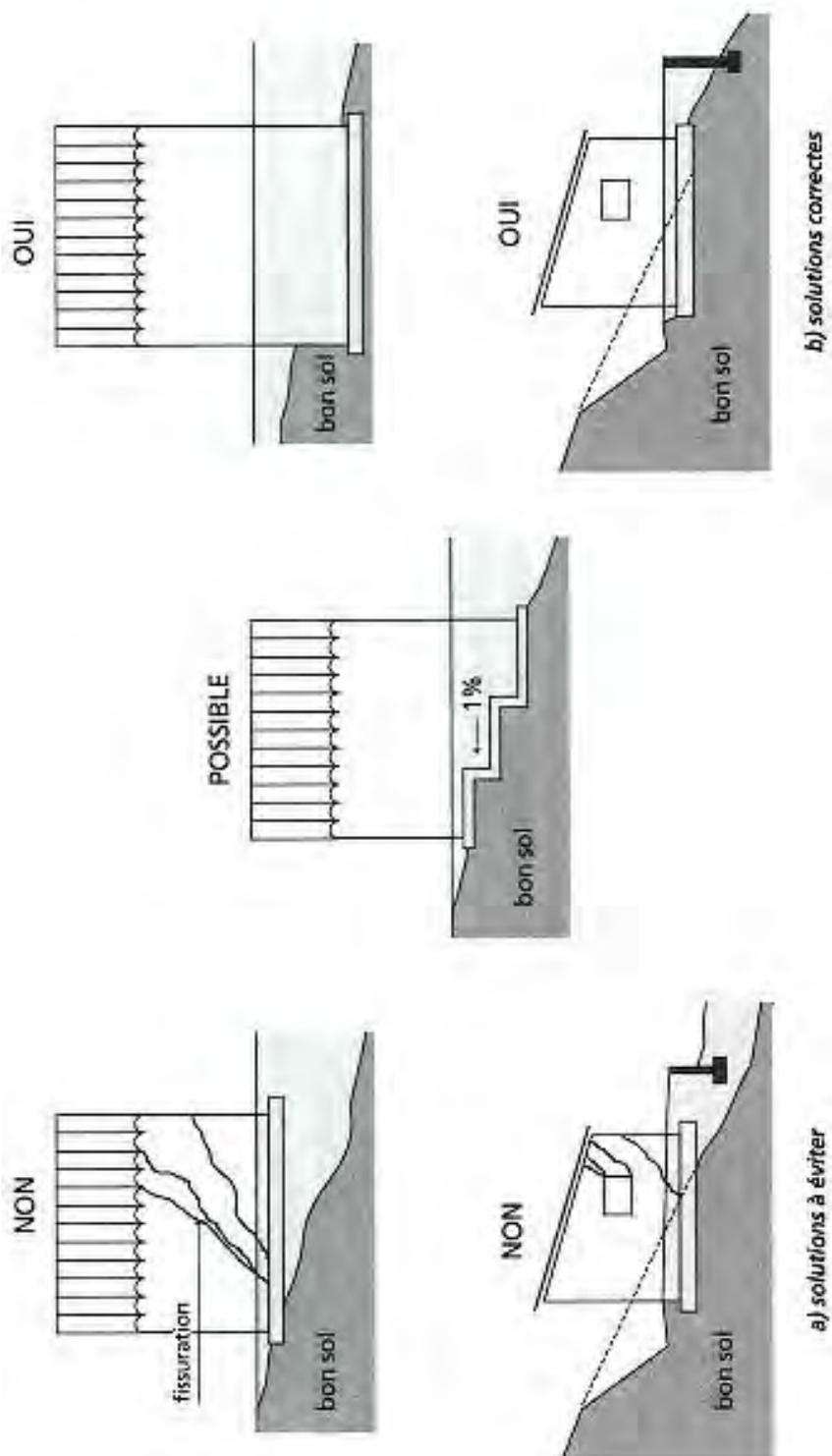
Las fundaciones reciben diferentes tipos de cargas, primero las cargas verticales de la gravedad y del viento, segundo, las cargas de empuje de tierra y empuje hidrostático. Los terremotos engendran esfuerzos múltiples sobre las fundaciones, podemos citar:

- Esfuerzos de traslación horizontal y torsión.
- Esfuerzos verticales.
- Esfuerzos de momentos de inversión.
- Esfuerzos debidos a desplazamiento.

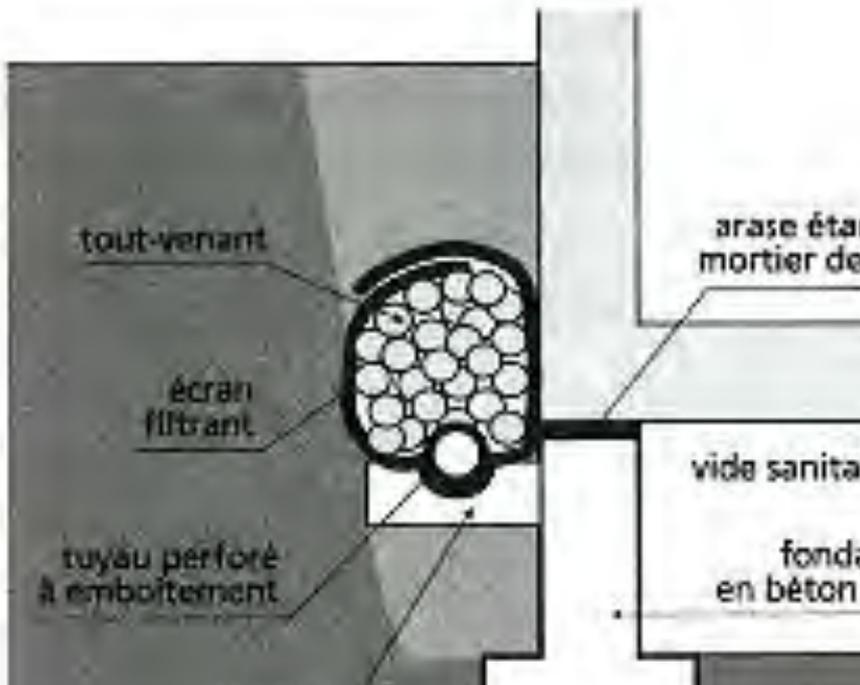
las fundaciones en las zonas sísmicas están bajo la energía dinámica que viene del suelo, lo que nos obliga a consolidar los diferentes puntos de apoyo entre la estructura y las fundaciones. Esta consolidación puede ser gracias a vigas o por el forjado del vacío sanitario. Los pilares que conectan el forjado y las fundaciones no deben ser más de 1m20 (de la base del forjado hasta la base de la fundación).

Podemos dar también otras recomendaciones para la construcción de las fundaciones en zonas a riesgo sísmico:

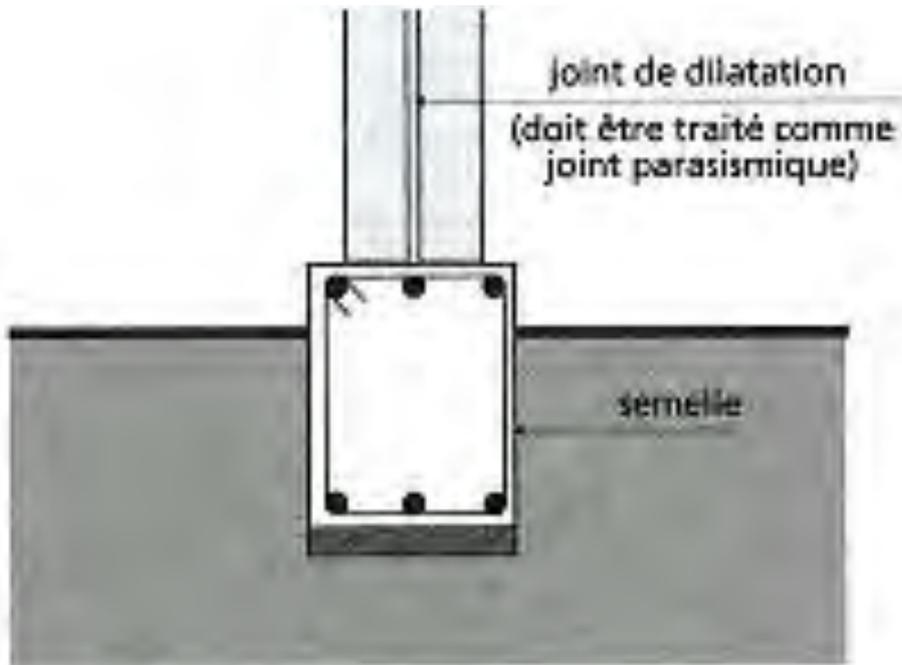
- evitar construir sobre dos tipos de suelo diferentes con características geotécnicas diferentes.
- Realizar una base horizontal para las fundaciones.
- Tener un nivel único de fundaciones.
- Sobre los suelos deformables es recomendable tener un nivel encastrado con fundaciones profundas.
- Realizar el mismo sistema de fundaciones para cada parte del edificio y separar con una junta antisísmica los diferentes sistemas de fundaciones en caso que este cambio sea necesario.
- Evitar las fundaciones aisladas, porque el sistema de fundación debe ser como un conjunto continuo y cerrado.
- No hay que construir sobre un suelo susceptible de licuefacción, aunque se puede reforzar, en caso necesario, con diferentes técnicas, pero estas últimas cuestan tiempo y dinero.
- Evitar la acumulación de aguas alrededor de la construcción, mediante un sistema de drenaje.



Fundaciones sobre capas de suelo en pendiente 200



Drenaje periférico 201



Cimentación con una junta parasísmica 202

## 1. Las fundaciones superficiales: 203

La construcción sobre un suelo compacto y homogéneo que se ubique cerca de la superficie, no necesita el uso de fundaciones profundas. En esta situación las fundaciones superficiales son suficientes.

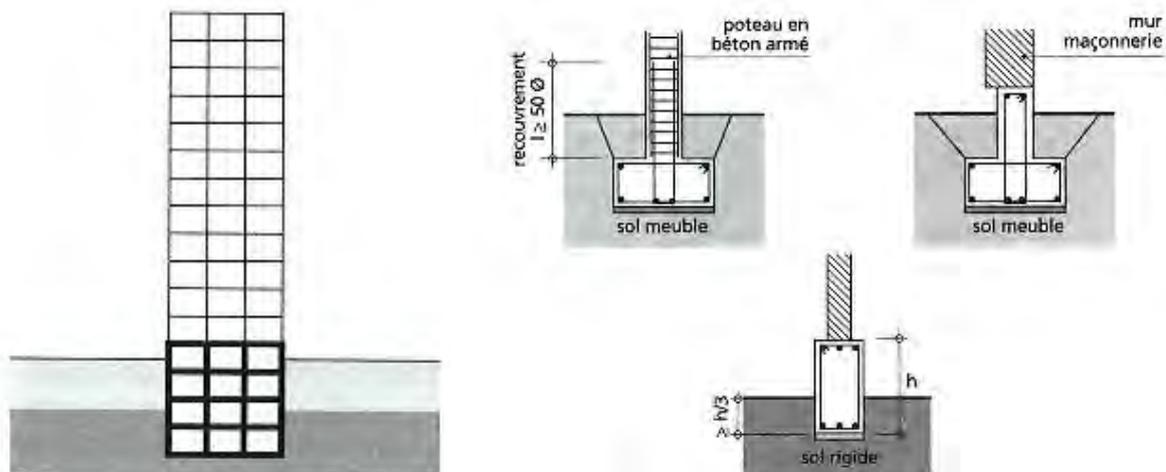
En el caso de cimentaciones aisladas es imperativo consolidarlas gracias a vigas que hacen que estas cimentaciones resistan a los esfuerzos de tracción y compresión. La sección de las vigas no debe ser menos de  $30 \times 30$  cm. En caso de un suelo de roca es posible de no usar vigas pero a condición de que las cimentaciones estén encastradas al menos de 10cm.

Las zapatas corridas son muy eficientes en las zonas sísmicas porque forman una malla cerrada. La rigidez de este sistema puede ser mejorado gracias a cartelas.

Es recomendable construir las zapatas en hormigón armado en lugar de piedra o hormigón, (Gros beton) porque estos últimos pueden ser cortados durante el seísmo.

Las losas de cimentación aseguran una continuación perfecta de las fundaciones, es flexible y no se usa sobre un suelo heterogéneo. Las losas de cimentación pueden cambiar la circulación del agua subterránea, por ello es recomendable pensar en un sistema de drenaje para poder conservar la buena calidad del suelo. Por otro lado, para evitar los deslizamientos horizontales hay que asegurar un buen enganche con el suelo.

Cuando las losas de cimentación están combinadas con un artesón enterrado podemos tener un resultado muy eficiente. Casi todos los movimientos diferenciales del suelo son eliminados. Eso aumenta también la rigidez del edificio y su amortiguamiento. Como resultado, las deformaciones de la superestructura serán muy débiles.



## 2. Fundaciones profundas: 206

Cuando el suelo es heterogéneo es muy difícil construir cimentaciones superficiales, por el riesgo de un asentamiento diferencial. Por eso es recomendable usar las cimentaciones profundas (Pilote, Pozo). Las fundaciones profundas transmiten las cargas hacia el buen suelo y cruzan todas las capas heterogéneas no resistentes del suelo.

Durante las fuertes sacudidas estas fundaciones están muy solicitadas por los esfuerzos cortantes en las zonas de cambio de capa de suelo. Porque durante un seísmo, cada capa de suelo mueve a su manera, lo que genera esfuerzos cortantes peligrosos para la sección de la fundación.

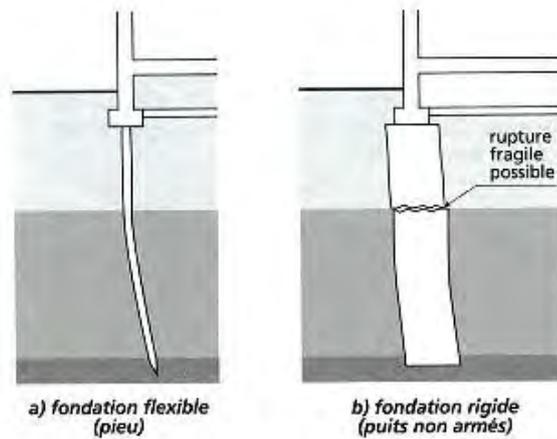
Las fundaciones profundas no pueden resistir a los esfuerzos horizontales de los suelos deformables, por ello recomendamos realizar en estos casos fundaciones con un diámetro pequeño que sean delgadas y muy flexibles, para darles una capacidad de resistir a las sollicitaciones horizontales. Por eso, **la flexibilidad en las fundaciones permite bajar los esfuerzos a los que deben resistir y también permiten disipar la energía sísmica**. Los Pilotes esbeltos son los más recomendables para las fundaciones profundas, y hay que verificar la resonancia con el suelo para todas las fundaciones de esta categoría.

Las cimentaciones sobre los pilotes: 207

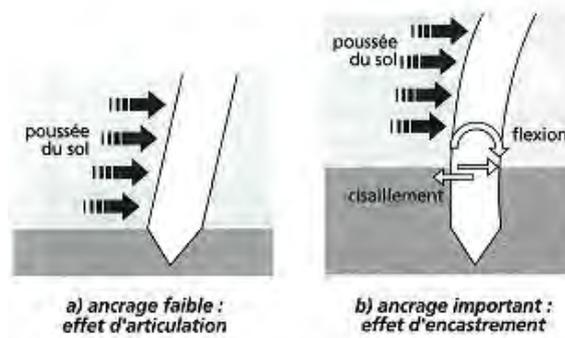
El rol de los pilotes es su capacidad a resistir y retomar la energía sísmica y las deformaciones del suelo. Se pueden realizar con diferentes materiales, en hormigón armado, en acero, o en hormigón colado en tubos de acero permanente. Este último es muy eficaz pero cuesta.

Es muy importante que los pilotes sean dúctiles para poder deformarse y disipar la energía sísmica, por ejemplo los pilotes no armados no convienen por sus bajas ductilidades. Para poder ampliar la ductilidad de los pilotes, es recomendable disminuir los esfuerzos de compresión de cada pilote y una colocación de abrazaderas adecuadas.

**La unión entre el pilote y la cimentación es considerada como una zona débil con riesgo, por ello es recomendable reforzarla gracias a la continuación de las armaduras longitudinales.** En caso de un edificio esbelto, los pilotes serán bajo esfuerzos de tracción.



Esquema que nos muestra la diferencia entre pilotes flexibles y frágiles 208



Esquema que muestra los apoyos de los pilotes y las tensiones que generan 209

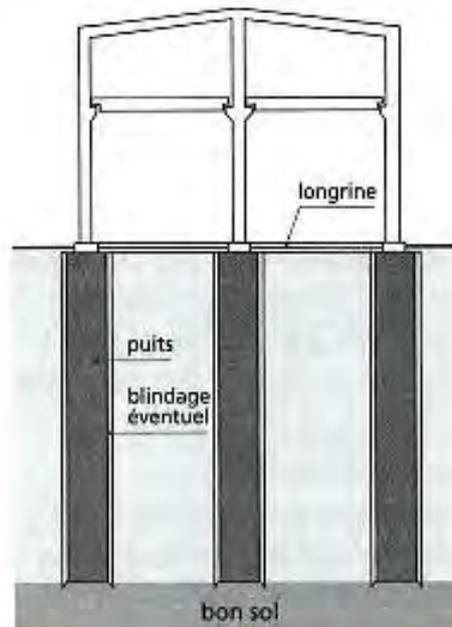
Algunos pilotes que trabajan en puntas y en fricciones laterales se llaman “Pilotes apoyados en punta”. En caso de que el suelo deformable que está alrededor del pilote conozca un asiento, eso inducirá que el sentido de las fricciones se invierta y que se vuelva con una sobrecarga importante lo que llamamos “fricciones negativas”. Para remediar este fenómeno, hay que enfundar los pilotes que están en suelos con un riesgo de asentamiento. Estas fundas pueden ser de plástico o de fieltro asfaltado. Para este tipo de pilotes no hay que encastrar la punta en el buen suelo con una profundidad importante, porque eso puede disminuir la ductilidad y la flexibilidad del pilote, lo que puede romper este último.

Fundaciones sobre pozos: 210

Son en general cilíndricos y realizados con hormigón (400kg/cm<sup>2</sup>). Sus diámetros mínimos son de 120cm y pueden llegar hasta 8m en los casos extremos. La relación entre la altura y el diámetro es:

$$20 \geq H / D$$

En las zonas sísmicas para evitar que se rompan, los pozos deban ser armados con 8 barras de acero de 12 mm de diámetro asociadas a barras transversales. Es importante asegurar la continuación con la cimentación y las vigas.



Cimentaciones sobre pozos 210

### 3. Refuerzo de los suelos:

La reparación de los suelos nos evita usar las fundaciones profundas, este tratamiento mejora las características mecánicas e hidrológicas del suelo. Para tratar una capa compresible de espesor menos de 10m podemos usar el machacado que aumenta la compacidad del suelo. Un tratamiento homogéneo de los suelos granulosos puede ser hecho gracias a un sistema que introducimos en el suelo y que genera vibraciones. Resulta de eso que la densidad del suelo aumenta así que su resistencia, lo que reduce los estancamientos.

Para los suelos coherentes la misma técnica es usada, excepto que introducimos gravas en los hoyos generados por la perforadora rotacional. Esto genera columnas de gravas que refuerzan el suelo contra los esfuerzos de corto.

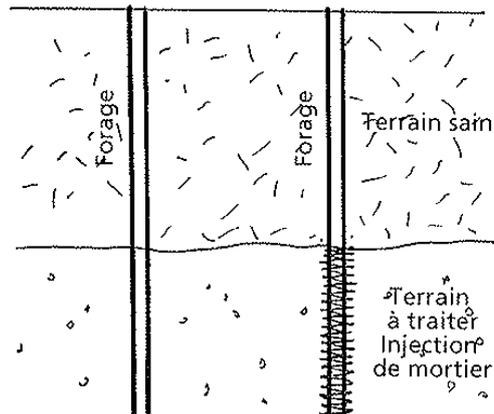
Para los suelos pedregosos y arenosos, se tratan por inyección de consolidación de argamasa que se endurece con el tiempo. La resistencia de las arcillas se mejora gracias a la consolidación electroquímica.

Se puede también reforzar los suelos gracias a la incorporación de hilos de textiles continuos dentro el suelo. Esta técnica es muy recomendada en las zonas sísmicas, da al suelo una buena capacidad de resistencia a los esfuerzos sísmicos, así que una buena ductilidad.

### 3.1. Refuerzo de un suelo capaz de licuefacción: 211

#### Consolidación con inyección:

Esta técnica es usada en los suelos arenosos, arcillosos, húmedos o saturados. Esta técnica consiste en inyectar bajo presión en el suelo a partir de unas perforaciones (forage) repartidas según unas mallas primarias y secundarias, un mortero viscoso de cemento con ángulo de fricción alto. Esta técnica es económica, porque podemos controlar la cantidad de material usado, en mayoría menos de 5% del terreno tratado.



La técnica de consolidación con inyección 212

#### Consolidación dinámica:

Esta técnica se usa sobre varios tipos de suelo. La técnica consiste en dejar caer en caída libre desde una altura muy alta unas mallas de muchas decenas de toneladas. El choque desarrolla varias ondas (P, S, Rayleigh) que provocan modificaciones estructurales del suelo y que lo mejora antes de empezar la construcción. El único inconveniente de esta técnica, es que no se puede usar en sitios donde hay construcciones alrededor, por miedo a que estas ondas afecten a las obras existentes.



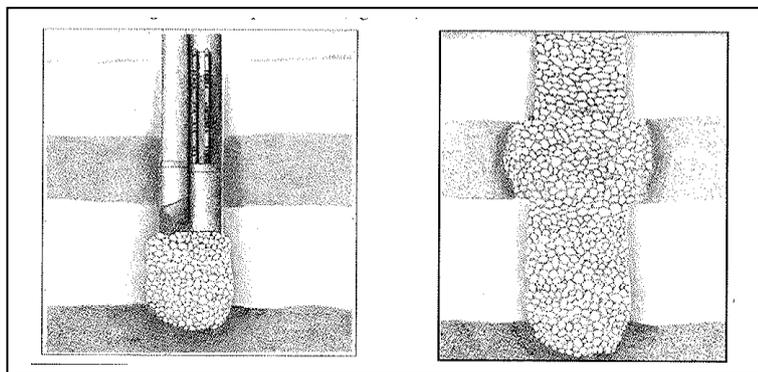
Foto mostrando la técnica de consolidación dinámica 213

### Apisonamiento con vibroflotación:

Esta técnica es aplicable a los suelos granulosos no coherentes como la arena y la grava. La técnica consiste en bajar en el suelo un vibrador manipulado por una grúa, que bajo su propio peso y bajo la influencia de un chorro de agua y de vibraciones puede alcanzar las profundidades deseadas, y crea una cavidad donde se sitúan materiales como la grava y la arena. La operación se repite según una malla predefinida. Esta técnica no puede ser usada para tratar suelos profundos más de 20m, y también, es muy difícil de usar en las zonas urbanas por la dimensión grande de las máquinas.

### Columnas balastadas:

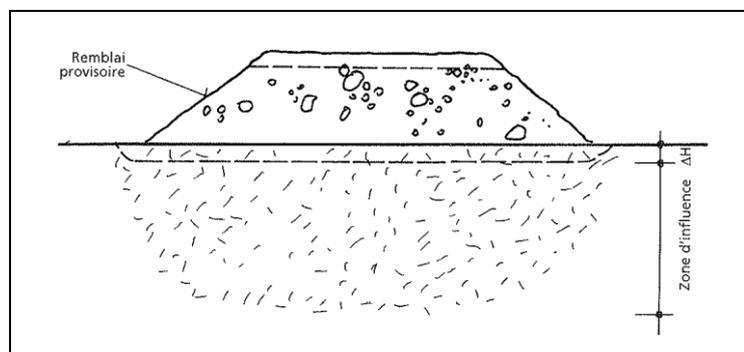
Se puede eliminar el peligro de licuefacción en los suelos coherentes gracias a la instalación de columnas de gravas que permitan de reducir la sobrepresión del agua que provoca la licuefacción.



La técnica de consolidación con columnas balastadas 214

### Precarga:

Para limitar el coste de las técnicas anteriores, los terrenos a reparar pueden ser cargados durante un periodo si el plazo lo permite.



La técnica de consolidación con precarga 215

### 3.2. Refuerzo de un suelo que puede hundirse:

Las técnicas para reparar los suelos capaces de licuefacción se usan también para reparar los suelos que pueden hundirse.

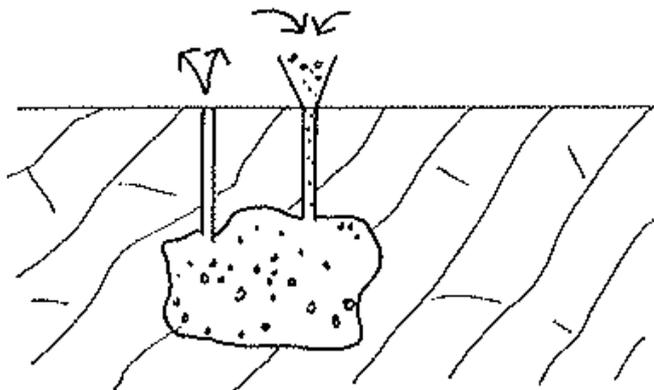
Substitución en la superficie:

Esta técnica se use sobre una grande variedad de suelos cuando la profundidad a tratar es pequeña (3m a 4 m). La técnica consiste a excavar por fases gracias a una excavadora hasta la profundidad deseada, y poner los materiales de substitución (Hormigón).

### 3.3. Refuerzo de un suelo de roca fracturada:

Relleno e inyección de cavidad:

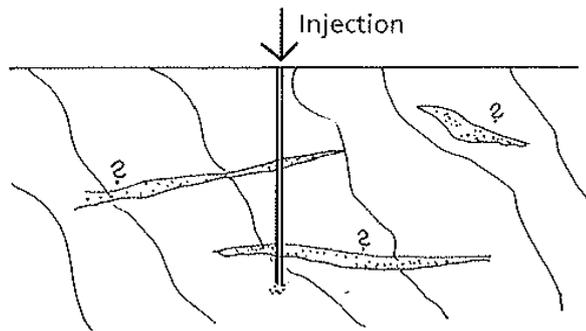
La técnica consiste en rellenar la cavidad de hormigón. Si la cavidad esta cerca de la superficie es recomendable eliminar su techo antes de rellenarla con hormigón. Esta técnica se usa para las cavidades vacías de todos los materiales arcillosos. En el caso de una cavidad llena de materiales arcillosos es necesario inyectar bajo presión para sacar estos materiales indeseables.



Relleno y inyección de cavidad 216

Inyección de las fallas y fracturas:

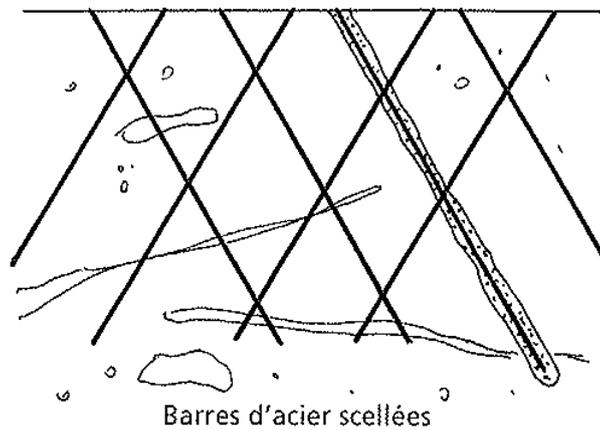
Esta técnica es parecida a la técnica de relleno, pero en el caso de fallas llenas de materiales arcillosos no somos siempre seguros del resultado. Por este motivo se necesita un control minucioso.



Inyección de las fallas y fracturas 217

**Clavado e inclusión:**

La técnica consiste a clavar o sellar barras de acero en la masa de roca fracturada para devolver a la roca su monolitismo. Esta técnica consiste en estabilizar los desplazamientos diferenciales de las paredes de las fracturas gracias a un clavado multidireccional de  $45^\circ$  a  $60^\circ$  con barras de acero de 5 a 6 m de largo.



Clavado e inclusión 218

## **Las formas arquitectónicas y el diseño de las estructuras en la concepción antisísmica:**

### a- La forma de los edificios

En las zonas sísmicas hay que construir edificios de formas simples y simétricas, ya sea en plano o en elevación. Eso no quiere decir que los edificios no tengan un aspecto estético de un buen nivel.

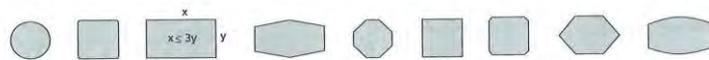
- Simetría en plano: : 219

La simetría en plano según dos ejes o más reduce de manera importante los esfuerzos de torsión vertical de la construcción. Un plano de forma sencilla como en círculo o en cuadro parece más recomendada. La resistencia a los esfuerzos de torsión de los edificios en forma de T, Y, V, L, U, Z es más baja que en los edificios simétricos y compactos. Esto se debe a que las tensiones son muy importantes en los puntos de cambio de dirección donde la rigidez transversal y longitudinal no es la misma. Hay que saber que un edificio en forma de “L” tiene dos partes del edificio que oscilan de maneras diferentes, y que ponen el punto de unión bajo esfuerzos importantes, sobre todo cuando las dos partes del edificio no tienen la misma altura.

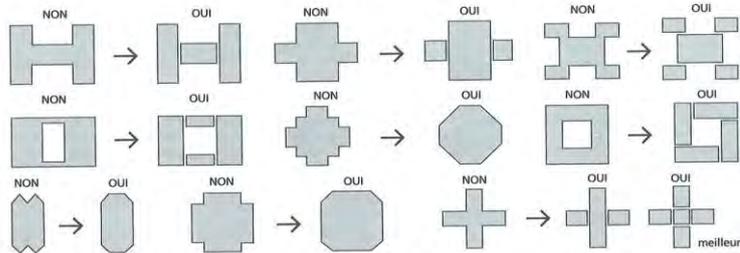
En caso de que queramos edificar una construcción de forma asimétrica, necesitamos fraccionar la construcción en diferentes elementos de formas simples, separados por juntas parasísmicas. Eso permite que los edificios de formas complejas no oscilen como un conjunto pero cada bloque oscile de manera autónoma sin generar tensiones por las otras partes. Hay que saber que las juntas parasísmicas deben cruzar toda la altura del edificio, aparte que no cruzan las fundaciones, solamente en caso de diferentes características del suelo o en caso de dos edificios de alturas diferentes. Esta solución no es muy recomendable por el hecho de que genera gastos importantes. Sin embargo, es posible disminuir los esfuerzos de tensiones instalando apoyos parasísmicos que tengan su centro de gravedad similar al del edificio.

- Las dimensiones horizontales de un edificio: 220

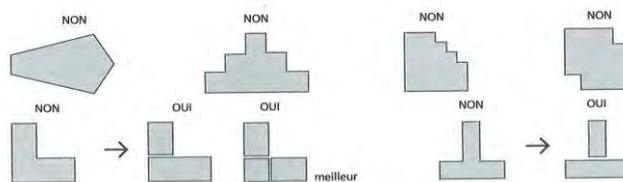
Los edificios de grandes dimensiones horizontales son sometidos a los movimientos diferenciales del suelo. Las diferentes partes del suelo no tienen los mismos desplazamientos y no oscilan de la misma manera. En este tipo de edificios hemos observado desplazamientos horizontales y verticales diferenciales, así como esfuerzos de torsiones importantes. Por ello es recomendable que la relación entre la longitud de un edificio y su ancho no sea más de 3. en caso de que un edificio de gran dimensión horizontal deba ser edificado en una zona sísmica es recomendable fraccionarlo en diferentes bloques con juntas antisísmicas.



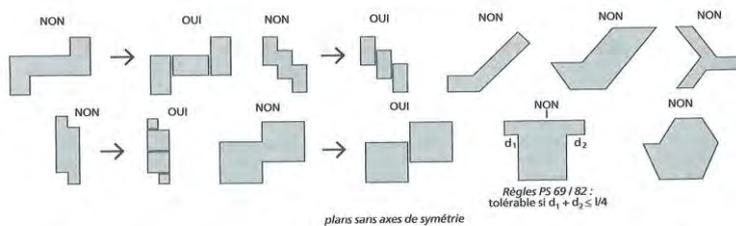
a) configurations favorables : plans simples et compacts à 2 axes de symétrie



plan complexe à 2 axes de symétrie



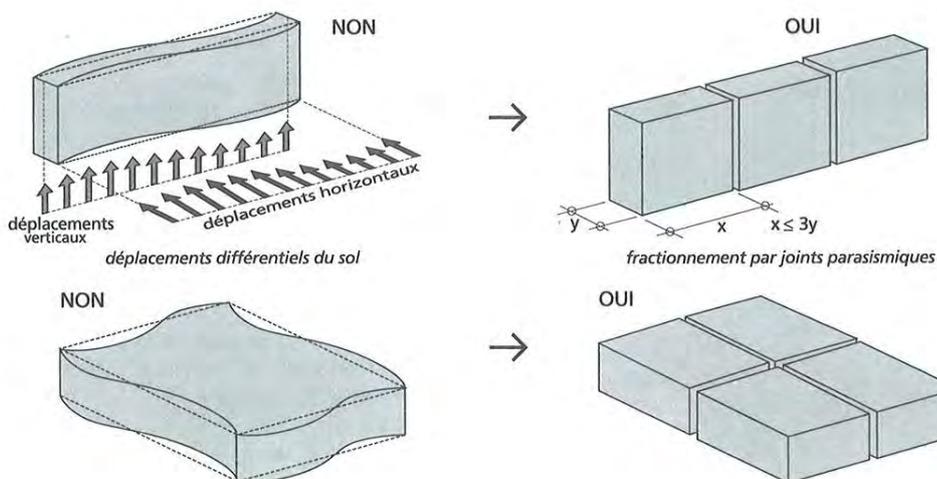
plan à un axe de symétrie



plans sans axes de symétrie

b) configurations défavorables et améliorations

### Formas de los edificios en plano 221



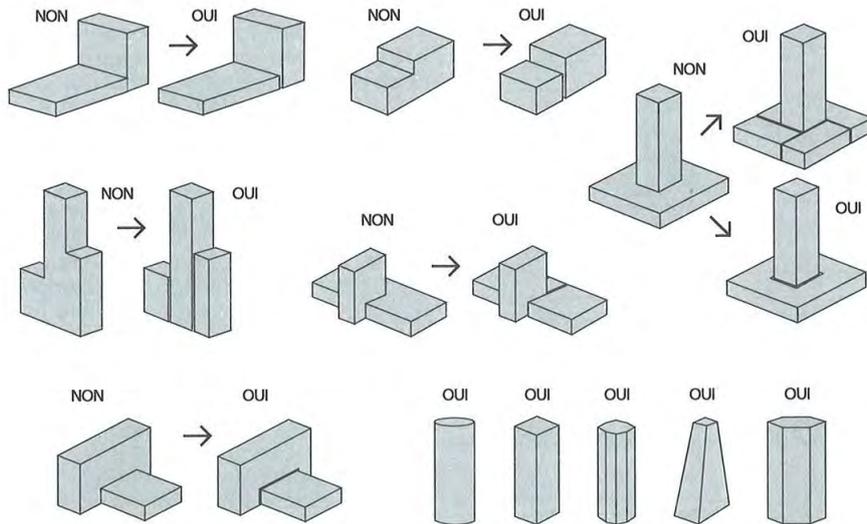
### Edificios de gran dimensión horizontal 222

- Simetría y simplicidad en elevación: 223

Los edificios de altura y de volumen diferentes no tienen la misma frecuencia de oscilación, y en algunos casos tienen desplazamientos de direcciones diferentes. En caso de que las partes sean unidas, se desarrollarán tensiones en el punto de unión. En este caso también necesitaremos una junta parasísmica para evitar esta concentración de los esfuerzos de torsión.

Los edificios con plantas retraídas sufren desplazamientos mayores que los edificios con plantas de las mismas características. Las plantas retraídas implican esfuerzos cortantes muy importantes, que sólo una estructura inusualmente dúctil puede absorber, sin romperse.

Los voladizos están igualmente desaconsejados en las zonas sísmicas, porque generan oscilaciones verticales peligrosas para el edificio y que solicitan los apoyos de manera significativa.

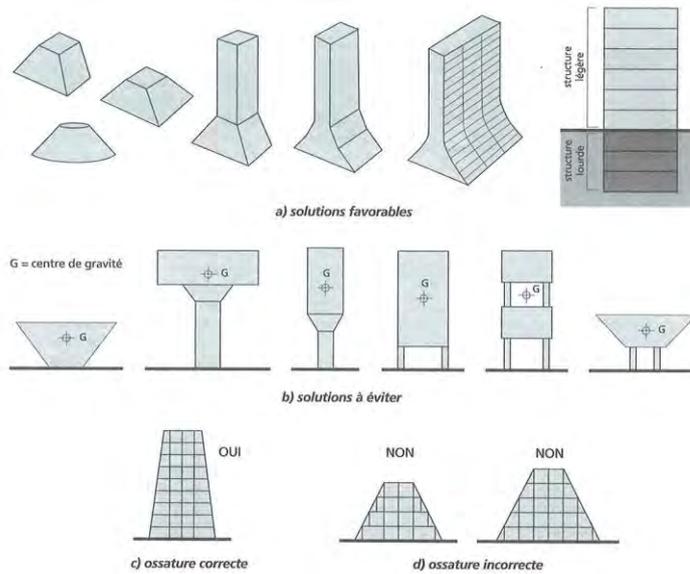


Las configuraciones correctas y no correctas de la forma en elevación 224

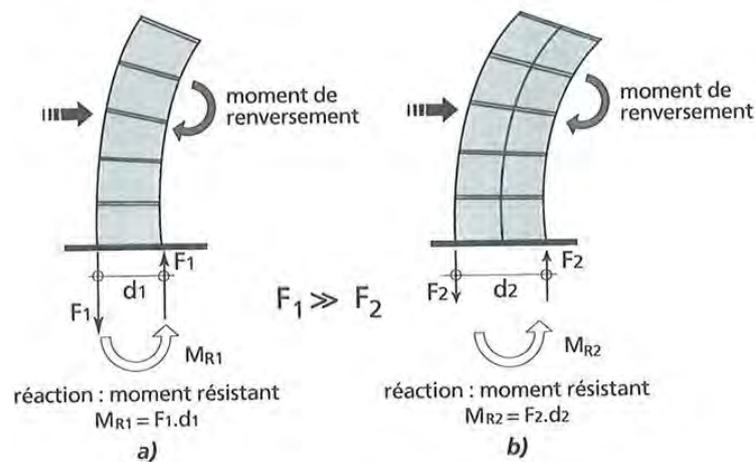
- La ubicación del centro de gravedad en un edificio: 225

Las construcciones de gran altura están sometidas a momentos de inversión, que pueden generar esfuerzos alternantes de compresión/tracción en los elementos verticales de la estructura, con la consiguiente fragilidad de ésta ante los esfuerzos cortantes igualmente alternativos.

Los edificios altos tienen su centro de gravedad alto, lo que nos exige limitar la relación entre la altura y el ancho de la construcción. Eso no quiere decir que no hay que construir edificios altos, al contrario, los edificios altos se calculan para resistir a las fuerzas del viento lo que facilita dotarlos de una capacidad de resistir a los esfuerzos horizontales, de modo que el periodo propio de estos edificios sea más largo y puedan absorber más energía de origen sísmico.



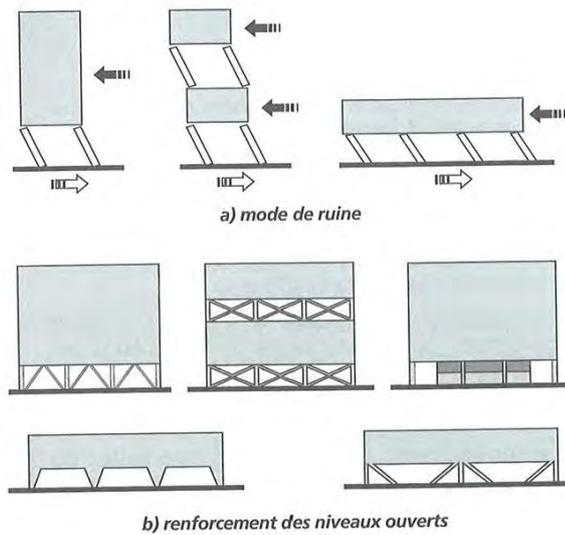
Altura del centro de gravedad de los edificios (a-soluciones favorables, b- soluciones a evitar) 226



La influencia de la altura de un edificio 227

- Las plantas libres: 228

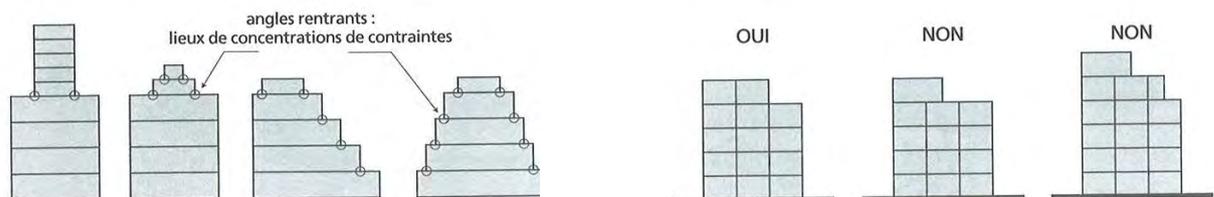
Las plantas libres en una construcción implican una posición más alta del centro de gravedad, y generan una concentración importante de los esfuerzos en las extremidad de los pilares, lo que dificulta seriamente la transmisión de las cargas hacia el suelo, y reduce la capacidad de almacenar y disipar la energía desarrollando rotulas plásticas en los pilares que transforman la estructura en un sistema inestable.



Edificios con plantas libres 229

- Los retranqueos en plantas superiores: 230

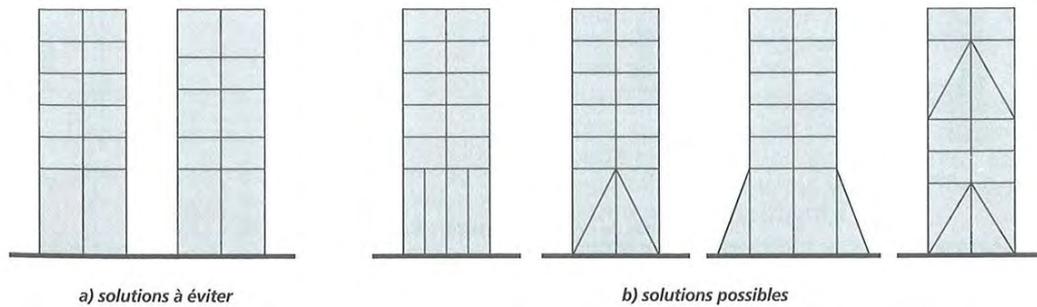
En caso de un edificio con un retroceso relativo de las plantas superiores, convendrá que reforzarlo con un muro de hormigón armado, ya que este retranqueo genera un efecto relativo de pilares cortos que los hace muy frágiles a los esfuerzos cortantes.



Concentración de las tensiones en los edificios con niveles desplazados 231

- Las alturas de las plantas: 232

La diferencia de altura entre los pisos puede generar un efecto de planta libre en caso de que la altura sea exagerada respecto a los otros pisos. Para evitar un colapso de esta planta debemos reforzarla. Es recomendable no tener una diferencia de altura superior al 20% en la planta más alta del edificio.



Alturas de plantas desigual 233

b- La forma de los elementos constructivos:

La concentración de las tensiones se produce en los elementos que tienen una forma estructuralmente inadecuada.

No es recomendable en zona sísmica lo siguiente: 234

- Formas que desvíen la continuación de la transmisión de la carga.
- Ángulos cortantes o agudos en los cambios de direcciones y en las intersecciones de los elementos constructivos.
- La variación ruda de la sección.
- Perforaciones importantes en un muro

c- Las escaleras: 235

Las escaleras suelen resultar muy afectadas por los seísmos fuertes, que provocan en general efectos cortantes sobre los pilares que las soportan, sobre todo cuando son pilares cortos. Para limitar los efectos del seísmo sobre las escaleras:

- Las escaleras deben ser soportadas por un muro de hormigón armado, pero hay que cuidarse de no desarrollar desequilibrios en la estructura del edificio respetando la simetría.
- Las escaleras pueden tener una estructura independiente de la estructura del edificio.
- Las escaleras exteriores, son independientes mecánicamente del edificio, pero asegurar la estabilidad de su estructura será difícil.

Es recomendable también que los muros alrededor de la escalera no sean en albañilería sino en hormigón armado.

#### d- Las fachadas: 236

Los paneles de fachadas que sean ligeros o portantes (pesados) deben tener la capacidad de resistir a las tensiones generadas por el seísmo así que los movimientos de los forjados. Por eso, no deben ser fijados directamente a la estructura, y deben tener una distancia de separación entre 5 cm a 7 cm respecto la estructura. Los elementos de fijación deben ser capaces de permitir los movimientos horizontales de los forjados y presentar una flexibilidad suficiente para absorber las tensiones.

El tratamiento de los ángulos de los paneles debe ser adaptado para permitir que estos últimos puedan moverse sin golpear y romper. Los paneles en L no son muy usados, porque se usan rápidamente. Los paneles no deben ser fijados a las dos fachadas al mismo tiempo, ni a dos elementos con comportamientos diferentes. No está permitido tampoco fijar paneles sobre pilares cuando estos paneles están conectados con otros fijados a forjados.

Los elementos de decoración en una fachada aumentan el peso de esta última, así que pueden ser peligrosos durante un seísmo.

Los muros de fachadas en albañilería a media altura con una estructura de hormigón armado necesitan un refuerzo porque el alfeizar provoca un efecto de pilares cortos que son muy débiles a los esfuerzos cortantes.

Hay que saber también que las aperturas en una fachada disminuyen su resistencia, por ello es recomendable superponer las ventanas, usar formas simples, espaciar los ángulos, usar dimensiones razonables, tener los alfeizares a la misma altura.

#### Diseño de estructura: 237

Sabemos que para evitar el efecto de resonancia con el suelo, las estructuras flexibles que tienen un periodo propio largo, no deben ser usadas en suelos deformables. La resonancia amplifica los movimientos de tierra y provocan deformaciones de la estructura importantes, que pueden destruir el edificio. Las estructuras flexibles deben ser construidas solamente sobre suelos duros. Sus elementos no estructurales deben ser flexibles para poder soportar las deformaciones de la estructura. Para los edificios altos es recomendable reforzar la estructura de manera que sea más rígida y para reducir su flexibilidad acercando los pilares o aumentando sus secciones o gracias a elementos de refuerzo.

Las estructuras con paneles de albañilería resisten mal a los efectos del seísmo en los suelos duros así que en los suelos deformables.

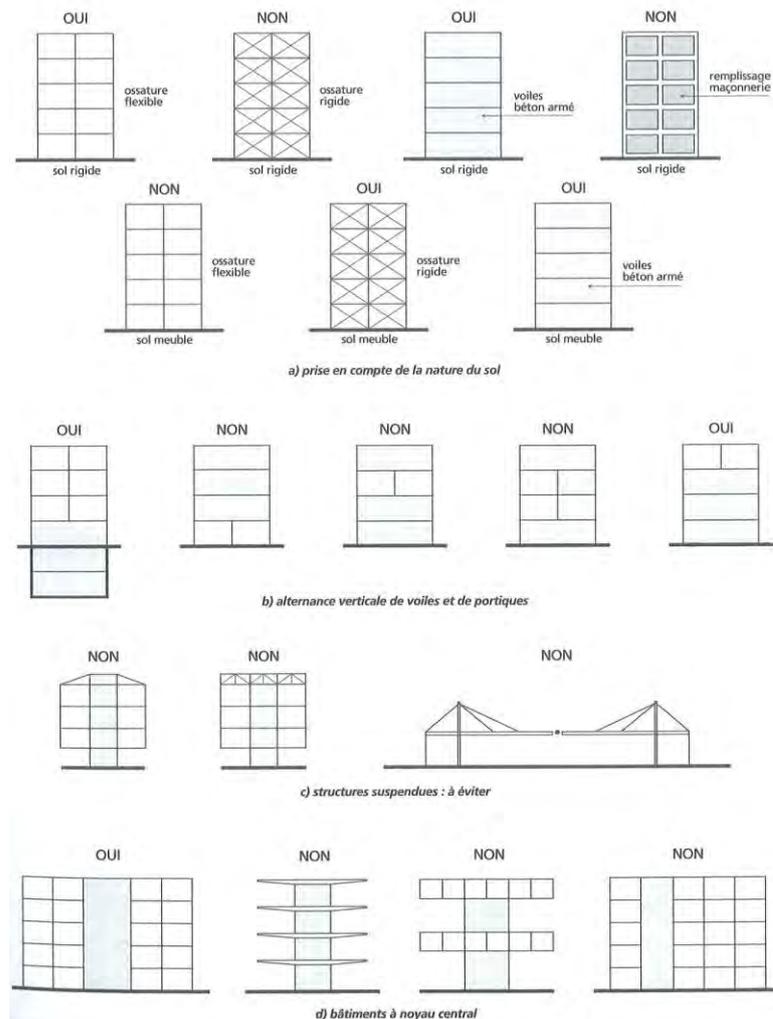
La elección del sistema de estructura está limitada por los códigos parasísmicos, por ejemplo en Estados Unidos UBC1994 no admite las construcciones en muros de albañilería o en hormigón no armado. Tampoco el código parasísmico Argelino lo permite.

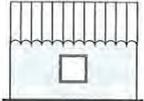
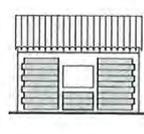
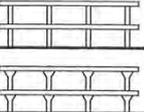
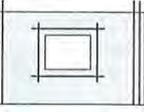
El sistema portante debe ser homogéneo en todo el edificio. Si el edificio está fraccionado en diferentes partes, separadas por juntas sísmicas, el sistema portante debe ser homogéneo en

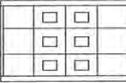
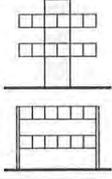
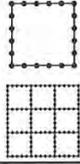
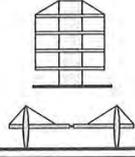
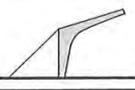
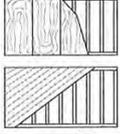
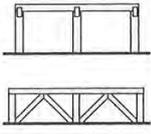
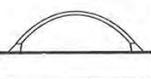
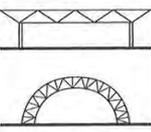
cada una. Hay que saber que cada estructura tiene un comportamiento específico. Cuando dos sistemas estructurales diferentes son relacionados, resultan concentraciones de tensiones en los puntos de unión.

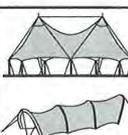
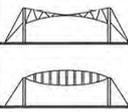
La simetría en plan y en elevación de la estructura es importante, porque aunque tengamos una simetría perfecta en el punto de vista arquitectónico, si no tenemos la misma al nivel estructural, eso afectará mucho el equilibrio general y desarrollará tensiones importantes. La resultante de las fuerzas de resistencia pasa siempre por el centro de rigidez, pero cuando este último no es igual al centro de masas que es también el centro de gravedad donde pasa la resultante de las cargas sísmicas, resulta que la construcción sea bajo esfuerzos de torsión de eje vertical. Cuanto mayor distancia exista entre el centro de rigidez y el centro de masas, mayor será la torsión.

Cuando hablamos de la simetría estructural, debemos también hablar de la simetría de los elementos no estructurales, como los muros de separación y partición, que pueden generar un desequilibrio en el reparto de las cargas y amplificar los esfuerzos de torsiones.



SYSTÈME PORTEUR		COMMENTAIRE
murs porteurs en maçonnerie non chaînée et non armée		<ul style="list-style-type: none"> <li>• à proscrire.</li> </ul>
murs porteurs en maçonnerie armée ou convenablement chaînée (y compris l'encadrement des ouvertures)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• la maçonnerie en terre crue est à éviter dans la mesure du possible ; se limiter à un seul niveau.</li> <li>• les maçonneries en briques ou blocs de béton sont acceptables pour toutes les zones ; éviter de dépasser 2 niveaux dans les zones de forte sismicité et 3 niveaux dans les autres zones.</li> </ul>
portiques en béton armé avec murs de remplissage en maçonnerie		<ul style="list-style-type: none"> <li>• présente un comportement médiocre sous action sismique violente.</li> <li>• convient pour les zones de sismicité faible ou moyenne.</li> </ul>
portiques autostables en béton armé sans remplissages rigides		<ul style="list-style-type: none"> <li>• convient sur sol ferme en toute zone ; toutefois, la mise en place correcte des armatures requises pour la ductilité du béton est très difficile à obtenir sur le chantier.</li> <li>• limiter la hauteur à 10 niveaux environ pour les portiques coulés en place et à 7 niveaux environ pour les portiques préfabriqués.</li> </ul>
ossature en béton armé contreventée par des voiles		<ul style="list-style-type: none"> <li>• convient en toute zone.</li> <li>• peut être utilisé pour les immeubles de grande hauteur</li> </ul>
ossature métallique		<ul style="list-style-type: none"> <li>• convient très bien en toute zone.</li> <li>• peut être utilisé pour les immeubles de grande hauteur.</li> </ul>
ossature en acier enrobée de béton armé		<ul style="list-style-type: none"> <li>• convient très bien en toute zone.</li> <li>• peut être utilisé pour les immeubles de grande hauteur.</li> </ul>
systèmes poteaux-dalle		<ul style="list-style-type: none"> <li>• à éviter.</li> </ul>
voiles en béton non armé, convenablement chaînés (y compris l'encadrement des ouvertures)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• même commentaire que pour le système en murs de maçonnerie chaînée ; le comportement des voiles en béton est cependant meilleur.</li> </ul>
voiles en béton armé coulé en place		<ul style="list-style-type: none"> <li>• convient en toute zone.</li> <li>• efficace sur sols meubles.</li> </ul>

SYSTÈME PORTEUR		COMMENTAIRE
grands panneaux préfabriqués en béton armé		<ul style="list-style-type: none"> <li>• même commentaire que ci-dessus.</li> </ul>
système à noyau central et ossature en béton armé ou acier		<ul style="list-style-type: none"> <li>• convient en toute zone.</li> <li>• peut être utilisé pour les bâtiments de grande hauteur.</li> </ul>
systèmes noyau-dalles		<ul style="list-style-type: none"> <li>• à proscrire.</li> </ul>
systèmes à poutres Vierendeel		<ul style="list-style-type: none"> <li>• à éviter.</li> </ul>
système tubulaire		<ul style="list-style-type: none"> <li>• convient en toute zone, plus particulièrement pour les immeubles de grande hauteur.</li> </ul>
systèmes à planchers ou charpente suspendus		<ul style="list-style-type: none"> <li>• à éviter.</li> </ul>
demi-portiques haubanés		<ul style="list-style-type: none"> <li>• à proscrire.</li> </ul>
murs à ossature bois		<ul style="list-style-type: none"> <li>• convient en toute zone.</li> <li>• éviter de dépasser 2 niveaux.</li> </ul>
ossature en bois (poteaux et poutres)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• convient en toute zone.</li> <li>• éviter de dépasser 2 niveaux.</li> </ul>
arcs de grande portée		<ul style="list-style-type: none"> <li>• acceptables ; ils sont moins favorables que les portiques à cause des poussées latérales importantes et de l'absence de zones dissipatives d'énergie.</li> </ul>
treillis tridimensionnels plans ou courbes		<ul style="list-style-type: none"> <li>• convient en toute zone.</li> <li>• dissipe peu d'énergie.</li> </ul>

SYSTÈME PORTEUR		COMMENTAIRE
coques		<ul style="list-style-type: none"> <li>• convient en toute zone.</li> <li>• dissipe peu d'énergie.</li> </ul>
voûtes en maçonnerie à simple courbure		<ul style="list-style-type: none"> <li>• à éviter.</li> </ul>
coupoles et voûtes à double courbure en maçonnerie		<ul style="list-style-type: none"> <li>• acceptable en zone sismique.</li> <li>• comportement en général satisfaisant grâce à leur rigidité spatiale et l'absence de bords libres.</li> </ul>
membranes gonflées		<ul style="list-style-type: none"> <li>• convient parfaitement ; aucun dommage n'est à craindre pour la membrane.</li> </ul>
membranes portées		<ul style="list-style-type: none"> <li>• convient en toute zone</li> </ul>
toitures en câbles		<ul style="list-style-type: none"> <li>• convient en toute zone.</li> </ul>

## Elección del diseño de estructura en relación con la frecuencia de vibración de un suelo:

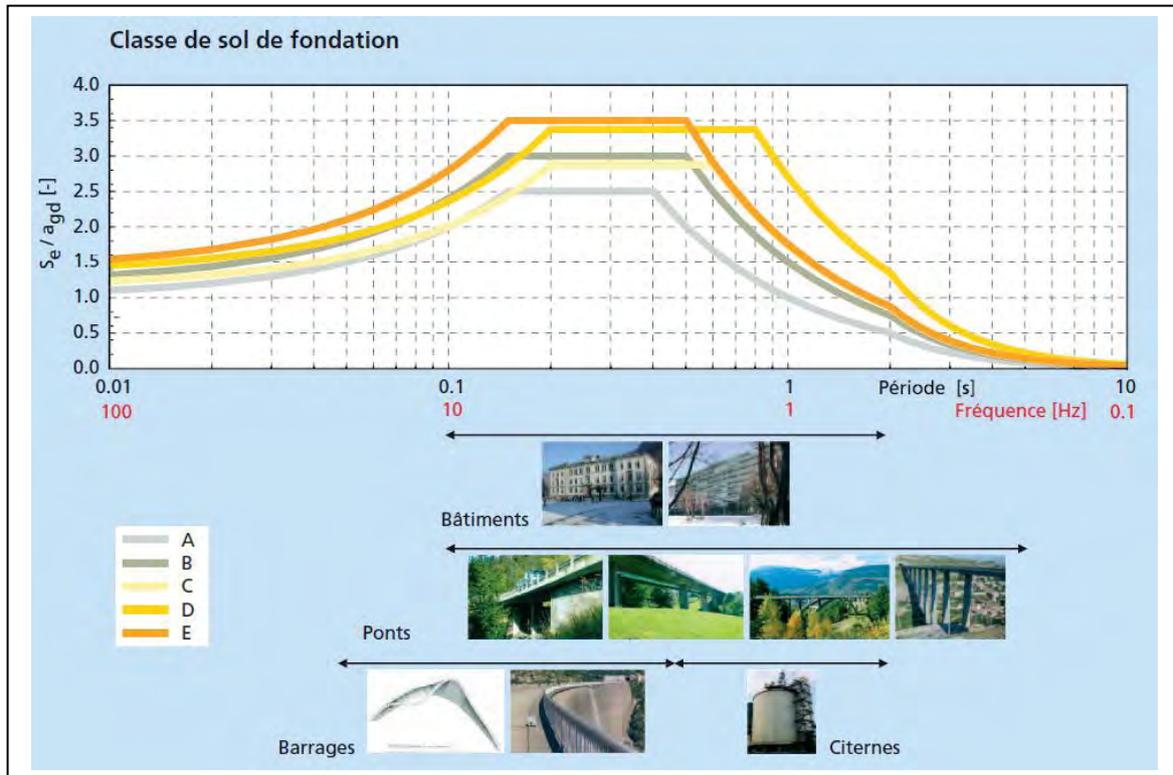
Es imposible elegir un tipo de estructura en relación con la frecuencia de vibración de un suelo. Aunque podemos elegir un tipo de estructura a usar en relación con el tipo de suelo sobre el cual vamos a construir. Lo que es importante saber, es que la frecuencia de vibración de un suelo nunca debe ser la misma que la frecuencia de vibración de una obra, porque en este caso entramos en un efecto de resonancia de los dos, y provocamos una destrucción de la obra.

Hay que saber que la frecuencia de un suelo depende de varios factores:

- El espesor de todas las capas que componen el suelo "H"
- La velocidad media de las ondas de corte "Vs"

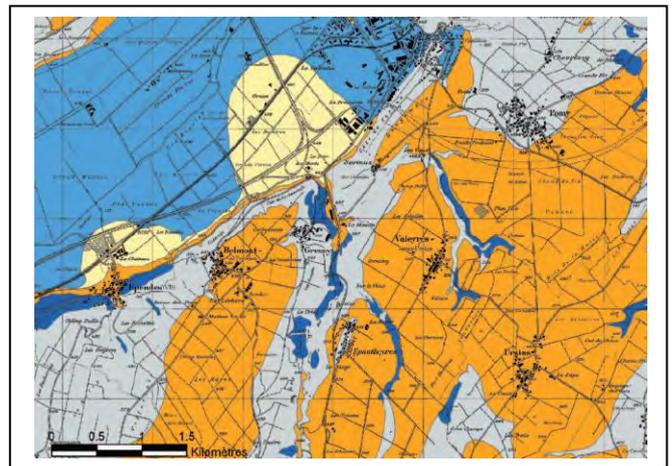
$$F = V_s/4H$$

La frecuencia depende también de la litología del suelo, el espesor de cada capa de suelo, la duración de la señal de vibración, la amplitud de la vibración, y de la geometría del suelo. Hay que saber que las vibraciones aumentan en el caso de un suelo deformable y de una geometría curvada.



Clasificación de los suelos de fundación en Suiza según las normas SIA 261 (2003) 239

Classe de sol de fondation	Description	$V_{s,30}$ [m/s]	$N_{SP}$	$S_u$ [kPa]
A	Roches dures (p. ex. granite, gneiss, quartzite, calcaire siliceux, calcaire) ou roches tendres (p. ex. grès, conglomérats, marnes du Jura) sous une couverture maximale de 5 m de sol lâche.	> 800	—	—
B	Dépôts de graviers grossiers et sables cimentés et/ou roches meubles surconsolidées d'une épaisseur de plus de 30 m.	400-800	> 50	> 250
C	Dépôts de graviers et sables normalement consolidés et non cimentés et/ou matériau morainique, d'une épaisseur de plus de 30 m.	300-500	15-50	70-250
D	Dépôts de sables fins, silts ou argiles non consolidés, d'une épaisseur de plus de 30 m.	150-300	< 15	< 70
E	Couche alluviale superficielle des classes de sols de fondation C ou D d'une épaisseur comprise entre 5 et 30 m, surmontant une couche plus rigide des classes de sols de fondation A ou B.	—	—	—
F1	Structures sensibles et dépôts organiques (p. ex. tourbe, craie lacustre) d'une épaisseur supérieure à 10 m.	—	—	—
F2	Glissements de terrain actifs ou susceptibles d'être réactivés.	—	—	—



Clasificación de los suelos de fundación en Suiza según las normas SIA 261 (2003) 239

### La resistencia de los edificios a los esfuerzos laterales:

Las cargas, tanto de viento como de sismo, deben ser transmitidas al suelo. En las estructuras auto estables es el mismo elemento quien retoma ambos tipos de cargas. Pero en la mayoría de las estructuras debemos añadir un sistema de refuerzos sísmicos adaptado al tipo de

estructura elegido. Estos refuerzos sísmicos se dividen en dos tipos. \*refuerzos sísmicos horizontales

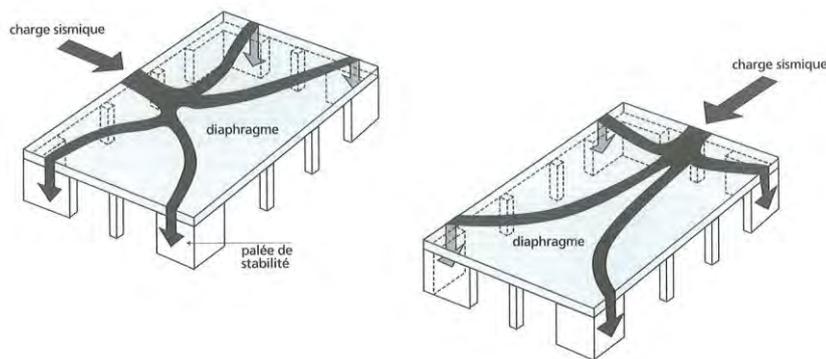
\*refuerzos sísmicos verticales 240

Refuerzos sísmicos horizontales:

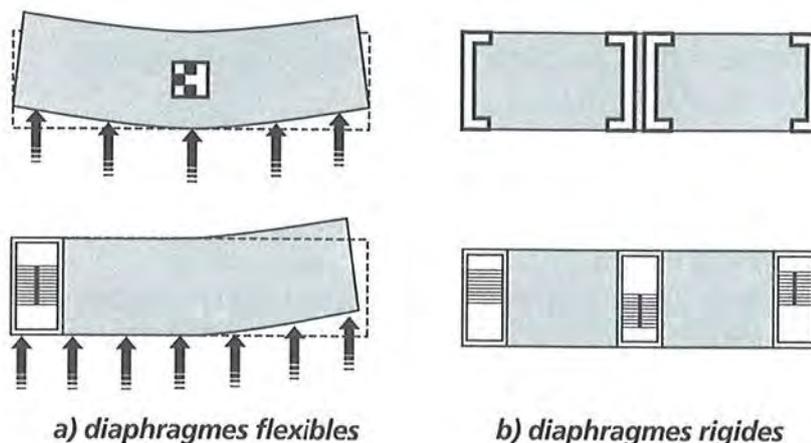
1) El diafragma rígido y flexible: 241

El objetivo del refuerzo sísmico horizontal es transmitir las cargas hacia el suelo a través los zambepados de estabilidad verticales. Lo que quiere decir que el refuerzo sísmico horizontal no puede ser eficiente sin el refuerzo sísmico vertical que transmite las cargas a las cimentaciones. Es muy importante que el refuerzo sísmico horizontal sea construido al nivel de todos los pisos así que en el techado. Los refuerzos sísmicos se representan en los forjados rígidos así que los techados hechos para resistir a los esfuerzos de corte así que los esfuerzos de flexiones.

Los diafragmas flexibles son a evitar. Sus luces libres deben ser reforzadas en su periferia y no en sus ángulos. En el caso de una trama grande que ocupa una gran dimensión del diafragma, hay que añadir al menos un muro de refuerzo en el lado más grande de la construcción, o también una junta parasísmica en el caso de que la trama quede vacía.



El objetivo del diafragma rígido 242



Los tipos de diafragmas 243

## 2) Las losas:

En general son diafragmas rígidos, del momento que resultan muy bien anclados en la armadura metálica que asegura una continuidad estructural con los zampeados de estabilidad.

- Losas de forjado armado hechas “in situ” 244

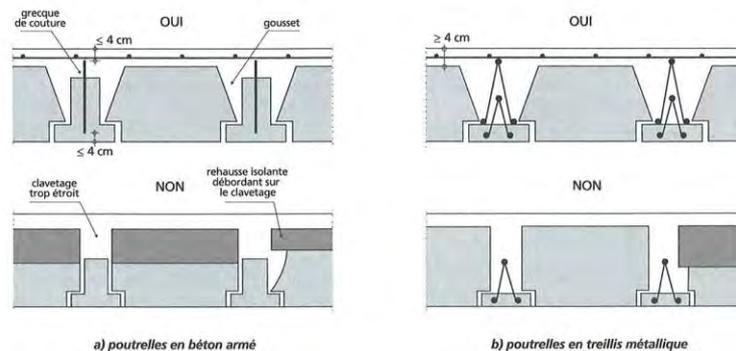
Este tipo de losas nos permite tener el mejor diafragma. Los refuerzos alrededor de las tramas así como en las zonas donde se necesitan son fáciles de establecer. La armadura de losa debe estar bien anclada en las vigas de la periferia.

- Losas prefabricadas en hormigón armado 245

El uso de las losas prefabricadas tiene el problema de la eficiencia de las juntas laterales. El efecto del terremoto sobre estas juntas puede ser importante. Es por esta razón que los bordes de las losas deben tener agujeros (des crans) para albergar conectores de diámetro mínimo 1cm.

- Forjados con viguetas 246

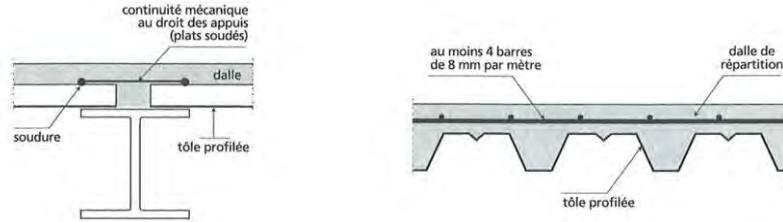
Es un tipo de forjado que se usa mucho en la construcción de casas individuales, este forjado puede constituir un diafragma rígido si tiene una losa armada de compresión en hormigón armado hecha in situ. Esta losa debe tener una dimensión de mínimo 4 cm. En este tipo de forjado las viguetas deban ser armadas y conectadas con la armadura metálica de las vigas principales.



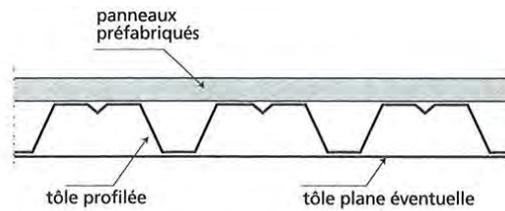
Conexión de las viguetas 247

- Forjado en chapa de acero perfilada 248

Este tipo de forjado es usado en las construcciones con una estructura metálica. Este tipo de forjado construido en obra sobre una chapa de acero perfilada forma un diafragma rígido. La losa en este caso debe ser armada con al menos 4 barras de 8 mm perpendiculares a las nervaduras.



Diafragma rígido en chapa de acero 249



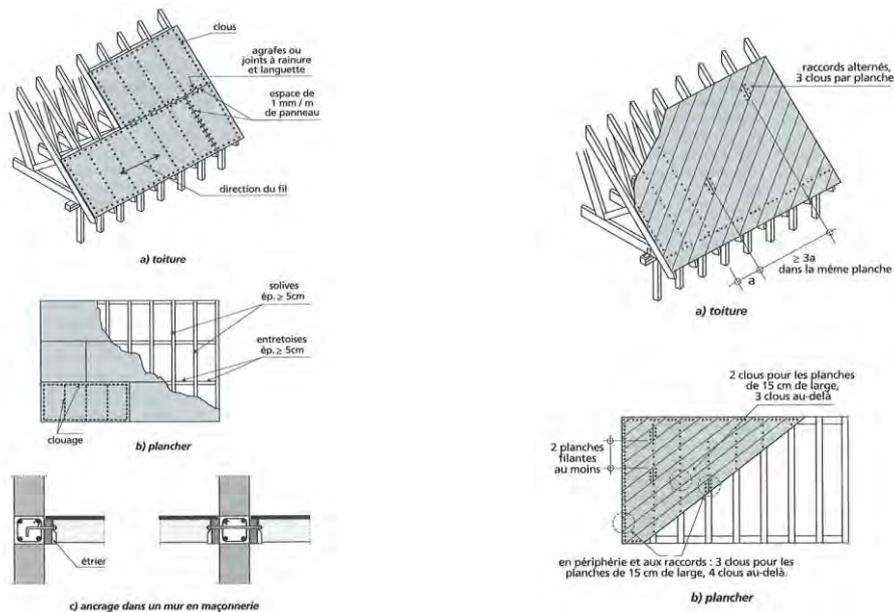
Diafragma flexible en chapa de acero 250

- Diafragma de paneles de contrachapado: 251

Para las construcciones de madera, el diafragma de contrachapado representa la mejor solución. Los paneles que son de espesor mínima de 10mm, y de dimensión superior a 140cm×240 cm se colocan de manera que sus fibras sean perpendiculares a las vigas.

- Diafragma de madera maciza 252

El diafragma de madera maciza estará compuesto por placas de madera de 25mm de espesor mínimo, y de 15 cm de ancho mínimo. Estas placas se disponen sobre las vigas en diagonal y se clavan. La rigidez del diafragma puede ser aumentada añadiendo otra capa de maderas.



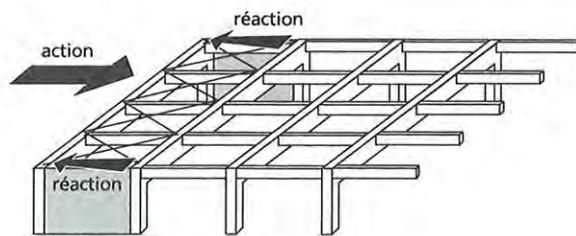
Diafragma de paneles de contrachapado

Diafragma de madera masiva 253

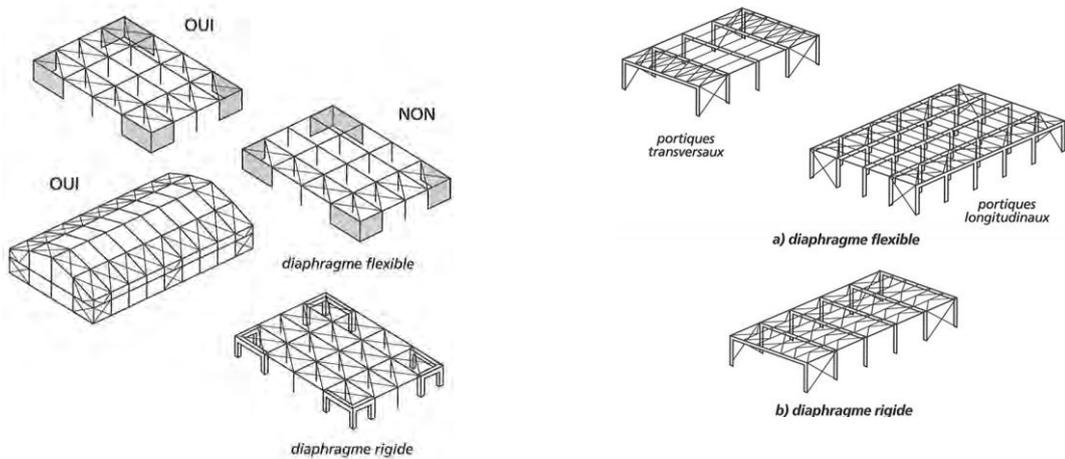
### 3) Forjado y techado reforzados :

- Con vigas arriostradas. 254

La resistencia a los esfuerzos de corte y de flexión en un forjado flexible se obtiene gracias a los tramos triangulados, que forman vigas de arriostramiento horizontal que se apoyan sobre zampeados verticales.

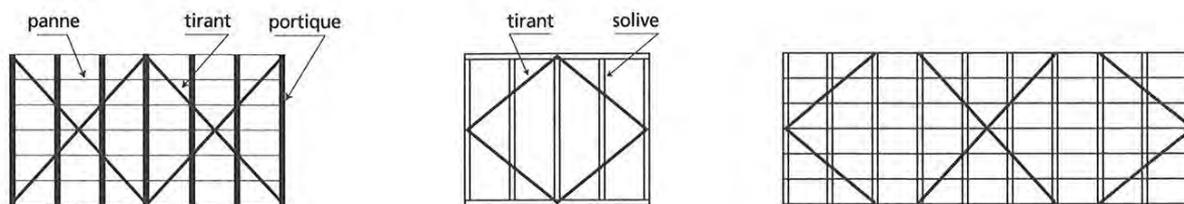


Forjado y techado reforzados Con vigas de viento 255



- Con tirantes diagonales: 256

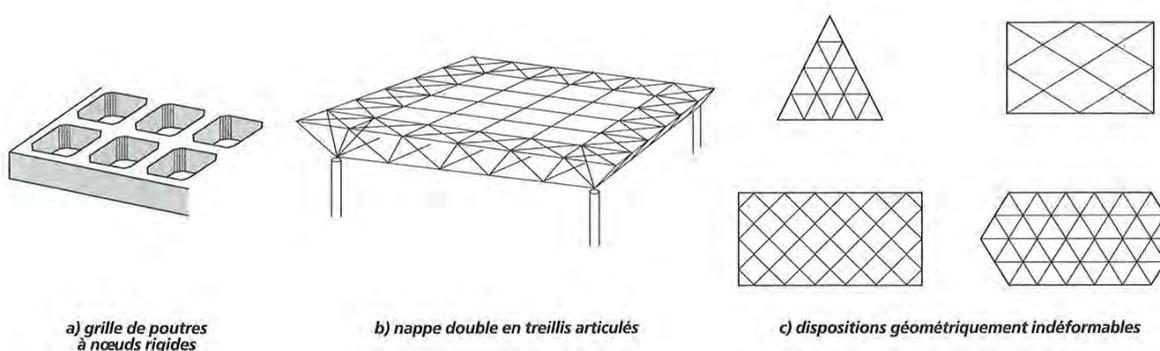
En las construcciones en madera o en acero, los forjados o los techados son reforzados gracias a tirantes diagonales. Este tipo de diafragmas son flexibles.



Forjado y techado reforzados con tirantes diagonales 257

- Con redes rígidas 258

Las losas reticuladas forman diafragmas rígidos aceptables en las zonas sísmicas. Sin embargo, sus nudos no son muy rígidos por lo que es recomendable que incluyan una red triangulada de arriostramiento, al menos en la periferia.



Forjado y techado reforzados Con redes rígidas 259

Refuerzos sísmicos verticales:

- 1) Constitución y disposición de los Zampeados de estabilidad: 260

Todos los tramos que resisten a las cargas horizontales que actúan en su plano pueden constituir zampeados de estabilidad. Podemos clasificarlos en tres grupos:

- Paneles rígidos
- Arcos y pórticos
- Zampeados triangulados

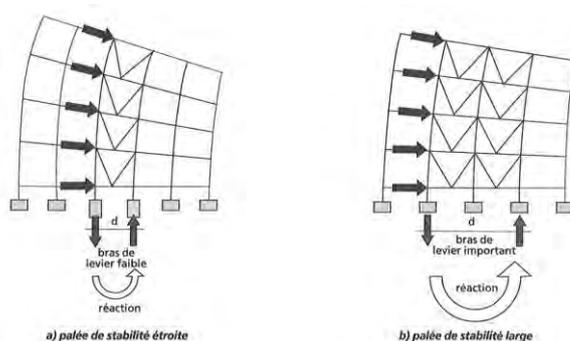
Todas estas soluciones son recomendables en las zonas sísmicas, sin embargo, hay que evitar las triangulaciones que reduzcan la altura de los pilares, porque eso va a aumentar los esfuerzos de corte. La primera solución de “paneles rígidos” constituye el mejor zampeado rígido que conviene bien a suelos deformables.

Los zampeados triangulados tienen también una gran rigidez mientras que los pórticos son más flexibles que los otros reforzamientos sísmicos. Por eso son más recomendables para suelos firmes.

Es recomendable usar refuerzos sísmicos homogéneos. Las reglas parasísmicas argelinas RPA99 prohibirán el uso de dos tipos diferentes de zampeados en la misma dirección.

Los zampeados de estabilidad deben dar a la construcción la misma rigidez en la dirección lateral como en la dirección transversal. El número de zampeados debe ser coeficientado a fin de repartir las cargas laterales sobre el máximo de elementos de refuerzos sísmicos. Los zampeados se ubican en general simétricamente y en la periferia de la estructura. En caso de que el refuerzo sísmico sea asimétrico generará esfuerzos de torsión importantes.

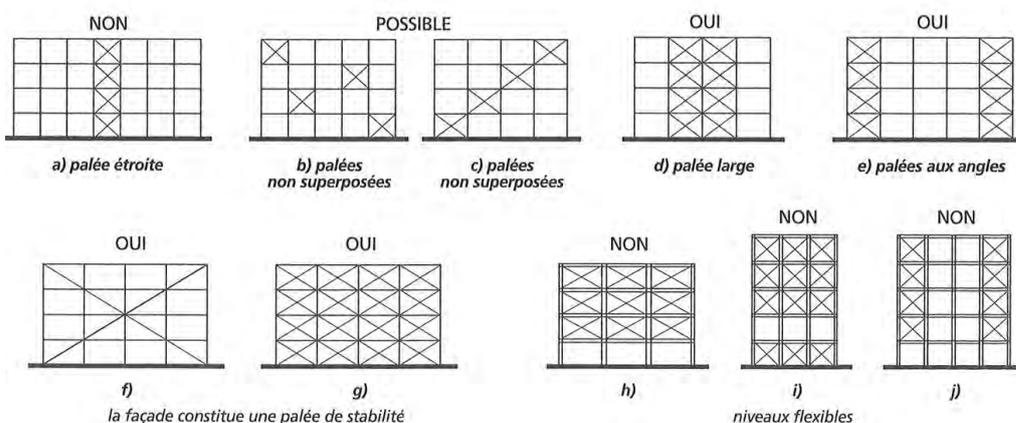
Una de las soluciones es usar todas las fachadas como zampeados. Así vamos a tener un edificio de estructura tubular. En caso de que el zampeado no pueda ocupar toda la fachada, deben ubicarse en los ángulos de la construcción. Hay que decir que la eficiencia de los zampeados aumenta con el aumento de su ancho. Cuento más ancho sea el zampeado, más resistirá a los esfuerzos de la flexión y a los esfuerzos de corte.



La importancia del ancho de los Zampeados de estabilidad 261

## 2) Distribución vertical de los zampeados de estabilidad: 262

La disposición vertical de los elementos de refuerzos sísmicos entre los diferentes pisos de una construcción es recomendable. En este caso dichos elementos forman una ménsula vertical resistente a las cargas laterales. Una disposición de los zampeados no vertical es posible, porque aumenta la rigidez del edificio, y reparte las cargas laterales sobre un número de pilares más grande, así que descansa un poco las cimentaciones.



Distribución vertical de los zampeados de estabilidad 263

## La resistencia de los elementos no estructurales:

- La fachada: 264

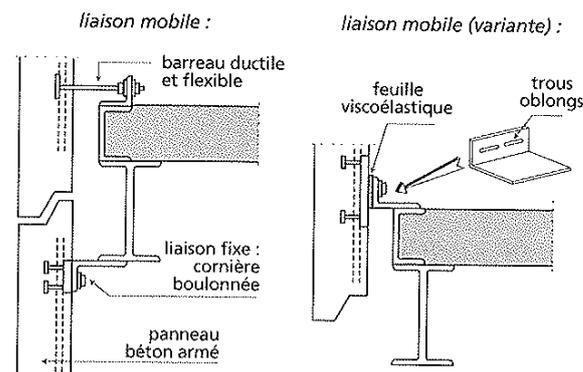
La fachada debe resistir a las deformaciones del forjado, en general cuando la estructura es rígida, la fachada puede retomar las deformaciones fácilmente. Se puede también reforzar las fachadas para volverlas como elementos que ayudan a la resistencia a los sismos.

En caso de que la fachada sea incompatible con la estructura, hay que separarlos, para que la estructura pueda moverse con libertad sin afectar a la fachada. Es el caso en todas las estructuras metálicas. Para este tipo de fachadas hay que fijarse en los temas del aislamiento térmico, del fuego, de la lluvia.

Tenemos algunas disposiciones particulares como por ejemplo: 265

1. Las fachadas de paneles prefabricados en hormigón armado:

Estos paneles se fijan a 5 -7cm de la estructura. El sistema de fijación se compone de una parte fija, y otra parte móvil que permite a los paneles moverse en caso de deformaciones.



Sistema de fijación de paneles prefabricados en hormigón armado 266

2. Las fachadas de paredes de ladrillos:

Las fachadas de muros de ladrillos asociadas a estructuras metálicas o de madera, necesitan una autonomía de movimiento por lo cual las separamos de la estructura.

3. Las fachadas de paredes de pavimento de vidrio:

Las paredes de pavimentos de vidrio no deben ser de una superficie más grande que 13m<sup>2</sup>, el espesor de la pared no debe ser menos de 9cm ni más de 45cm. La pared debe ser fijada a la estructura en los tres lados y en el último lado, hay que poner una junta de mínimo 2cm fijada gracias a clavijas dúctiles cada 40cm.

- El vidrio

El vidrio es un material frágil que resiste mal a los movimientos de la estructura durante un sismo. Es recomendable tener una junta entre la mampostería y su soporte así que fijaciones no rígidas. Es decir que la junta tendrá un rol de resorte en caso de un sismo. En este caso es recomendable usar los vidrios orgánicos o vidrio hojaldré (feuilleté).

Exigences de comportement sous séisme		Eclatement accepté	Exigence de sécurité ou exigence d'intégrité sans fonction clos et couvert		Exigence d'intégrité
			R.-de-C.	Etage	
Absence de réceptable de débris	VERRE RECUIT	OUI	OUI	NON	NON
	VERRE TREMPÉ	OUI	OUI	OUI	NON
	VERRE FEUILLETÉ	OUI	OUI	OUI	OUI
	VERRE ORGANIQUE	OUI	OUI	OUI	OUI
Présence de réceptable de débris	VERRE RECUIT	OUI	OUI	OUI	NON
	VERRE TREMPÉ	OUI	OUI	OUI	NON
	VERRE FEUILLETÉ	OUI	OUI	OUI	OUI
	VERRE ORGANIQUE	OUI	OUI	OUI	OUI

Elección del tipo de vidrio 267

- Separaciones

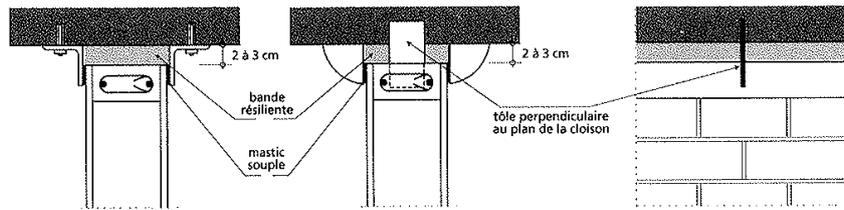
Las separaciones en ladrillo deban resistir a los sismos, sobre todo los que están en las escaleras y los corredores, porque en caso de romperse pueden bloquear el camino de evacuación.

La destrucción de los muros de ladrillos es debida a la presión que les pone la deformación de la estructura. Para solucionarlo podemos proponer la solución siguiente.

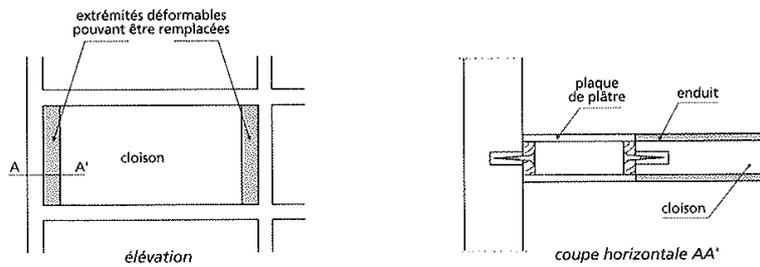
Podemos poner en las dos extremidades del muro dos elementos verticales que son muy compresibles, que pueden absorber las deformaciones generadas por la estructura, y que podemos remplazar cuando estos se rompan. Esta solución es muy recomendable.

Para las paredes de pavimentos de vidrio hay que desunir el muro de la estructura, y poner una junta de 2cm hasta 3cm en los tres lados del muro (arriba y los dos lados). La pared será fijada a la estructura gracias a elementos en acero suave que son broches dúctiles.

En el caso de paredes de paneles de yeso hay que usar perfiles autónomos de la estructura. El perfil debe ser rígido para no entrar en resonancia con la estructura durante un sismo, y también las placas de yeso deban ser independientes de este perfil.



a) cloisons partiellement désolidarisées du gros œuvre



b) cloisons à extrémités jouant le rôle de "fusibles"

Sistema parasísmico para las separaciones 268

- Cubierta 269

es recomendable usar cubiertas ligeras que no son frágiles. La unión entre la cubierta y la estructura debe ser muy buena para evitar la caída del conjunto sobre las personas que están dentro la construcción.

La capacidad de la realización de unos ensamblajes rígidos, resistentes y dúctiles:

Las juntas y los ensamblajes deban garantizar la buena transmisión de la carga entre los diferentes elementos de la estructura. Los materiales que permiten de tener buenos ensamblajes son el acero, aleaciones de aluminio y el hormigón armado hecho en sitio.

## **Annexes 3**

---

*Rapport de stage pour la Direction du Développement et de la  
Coopération Suisse en Haïti (DDC) - 2010*

# Rapport de stage professionnel

Stage effectuée du 15 novembre au 24 décembre 2010

*Analyse et évaluation de la prise en compte des DRR dans  
les projets de la Direction du Développement et de la  
Coopération Suisse en Haïti*

## Coordinateurs du stage

**Sabine Rosenthaler** : Bureau de la coopération suisse en Haïti (BuCo)

**Christian Ubertini** : Bureau de la coopération suisse en Haïti (BuCo)

**Bernard Zaugg** : Centre de Compétences et Reconstruction (CCR)

## Stagiaire

**Malik Tiziri** : Architecte & Doctorant à l'Université de Genève (UniGe)

Janvier 2011

## **Sommaire :**

### Introduction

- 1- Intégration et promotion des DRR comme outil de prévention des risques.
- 2- Les grands axes de la réduction des risques dans la DDC.
- 3- Méthodologie développée par la DDC dans le cadre de la réduction des risques.
- 4- Les mécanismes de la DDC pour la minimisation des risques.
- 5- Lignes directrices de travail de la DDC dans le cadre de la réduction des risques.
- 6- Programme et actions de la DDC en Haïti pour la réduction des risques et désastres
  - 6.a- Le Bureau de coordination en Haïti (BuCo)
    - 6.a.1- Actions présentes
    - 6.a.2- Actions futures
  - 6.b- Le Centre de compétences et reconstruction (CCR)
    - 6.b.1- Actions présentes
    - 6.b.2- Actions futures
- 7- Analyse et évaluation des risques dans les projets de la coopération suisse en Haïti
  - 7.a- Ecole Nationale de dessources à Leogâne
  - 7.b- Ecole Nationale de Sacré Cœur à Petit Goâve

### Conclusion

### Annexes

## **Introduction :**

La DDC intègre les DDR dans ses projets à travers le cycle PCM (Project Cycle Management), et cela à travers 4 phases principales qui sont « l'identification, la préparation, l'implémentation, l'évaluation ».

**Phase 1** « Identification des risques » : C'est l'identification du potentiel de risque dans le projet, ainsi que l'identification des aléas dans la région.

**Phase 2** « Préparation » : C'est l'évaluation rapide du risque et l'identification des mesures de réduction des risques à prendre.

**Phase 3** « implémentation » : C'est l'application des mesures de réduction des risques, et l'évaluation du développement du projet.

**Phase 4** « Evaluation » : C'est l'évaluation du comportement du projet vis-à-vis des risques. Dans le cas d'une réponse favorable au risque nous pouvons passer à une seconde étape du projet en continuant un travail de réduction des risques.

## **1- Intégration et promotion des DRR comme outil de prévention des risques :**

La DDC a une approche de la réduction des risques dans les pays prioritaires à travers la stratégie suivante :

### **a- Intégration des DRR dans tous les projets de la DDC au niveau international**

a.1- Intégration de la réduction des risques et désastres (DRR) dans le processus de travail de la DDC dans le monde.

a.2- Identification des instruments et des critères, et l'intégration des DRR dans :

- La stratégie de coopération et dans le processus de planification annuel pour les pays à risque.
- Les propositions de crédit dans les pays à risque, et l'application des DRR au niveau des projets sous forme de cycle (PCM).
- Les thématiques et stratégies appropriées pour les pays à risques.

a.3- Construction d'un réseau de réduction des risques pour la DDC qui aura comme objectif :

- La sensibilisation pour les DRR
  - L'échange des connaissances
  - La formation des employés de la DDC
  - La proposition de stratégies et de conseils, ainsi qu'un support technique dans la DRR.
  - La mise à disposition des experts internes et externes.
  - La participation à l'emploi du guide de la DDC en ce qui concerne les DRR.
  - L'amélioration et le développement des outils.

a.4- Responsabilisation et contrôle : l'unité des opérations au siège de la DDC et le bureau de coopération suisse, ont la première responsabilité des projets vis-à-vis des risques. Pour ce qui concerne le contrôle de l'application des DRR dans les projets de la DDC, cela peut être délégué à un membre du réseau de réduction des risques, ou cela peut faire partie du travail du département (processus standard).

**b- Proposer des activités dans le cadre de la réduction des risques pour les pays partenaires, sociétés civiles, ONG et les communautés.**

b.1- Réduction et atténuation des risques (Mitigation) :

Le but est de réduire le risque existant et d'éviter son développement. Les deux actions principales dans la stratégie de la réduction des risques de la DDC sont :

- La prévention.
- La préparation.

La DDC soutient ses partenaires dans des actions qui touchent les domaines suivants :

- Evaluation du risque : détermination de la nature du risque et son impact, par l'étude et l'analyse de l'aléa, et de la vulnérabilité existante.
- Appréciation du risque et la détermination des mesures de protection.
- Réduction effective du risque, par l'adaptation d'une stratégie, par la gestion des ressources naturelles (plan d'aménagement et d'organisation, et plan d'occupation des sols), par l'installation d'un système d'alerte et procédures d'urgence, par la gestion de l'information, par l'éducation et la formation, par les mesures structurelles pour la réduction des risques.

b.2- Réponse au risque :

Le but est de réduire l'impact du risque à travers les actions d'interventions et de secours (relief). Cela se fait en deux temps :

A court terme :

- L'intervention et le secours.
- La réhabilitation et la réparation rapide des structures.
- Assister les forces civiles.
- Préparer le terrain pour l'étape de relèvement.
- Mise à disposition de spécialistes des secours.
- Aide alimentaire.

A long terme :

- Développement durable
- Amélioration de la prise en compte des risques à tous les niveaux de la société.
- Soutenir la coordination entre les unités et le corps international (OCHA, INSARAG, IFCR) durant la phase de secours et d'intervention.

b.3- Rétablissement et récupération (Relèvement) :

Le but est de réduire de futures pertes par l'installation d'une stratégie appelée « Reconstruire en mieux » (Build back better) et un plan de transfert des risques. Et cela par les actions suivantes :

- Restaurer la vie normale essentiellement durant la phase de secours et d'intervention.
- Le relèvement a trois dimensions :
  - La reconstruction et le remplacement des constructions et infrastructures détruites, ainsi que l'environnement.
  - La restauration et la revitalisation de l'économie.
  - La restauration des institutions et des structures sociales.
- Introduction des DRR dans la phase de relèvement, et prendre en considération les leçons apprises.
- Les infrastructures comme les hôpitaux, écoles, centres de télécommunications, doivent être dotés de système de protection contre les risques.
- Le département d'aide humanitaire est responsable de la phase de relèvement à court terme. A long terme, les responsabilités sont reprises par le département de la coopération bilatérale.

b.4- Contrôle (Monitoring) : prise en charge de cette étape par le réseau des DRR pour les actions d'évaluations en cas de dommages dus aux risques, pour identifier les mesures à prendre.

**c- Appui le système international de réduction des risques et les institutions à tout les niveaux, et cela à travers :**

c.1- Le Concept d'organisation : La DDC travaille sur l'amélioration des normatives et opérations internationales dans la gestion des risques au niveau institutionnel, régional et international. De multiples acteurs interviennent dans cette organisation (OCHA, UNDP, IFCR, ISDR)

c.2- Les activités : La DDC contribue au renforcement du système de réduction des risques et désastres par les actions suivantes :

- Promotion des DRR et de ses normatives (forum, assemblé, conférences)
- Intervenir au niveau opérationnel par la coopération avec les organisations du développement global.
- Intervenir au niveau institutionnel par le renforcement du système international de réduction des risques et désastres, en particulier (OCHA, UNDP/BCPR, IFCR, UNDAF, IFI).
- Intervenir au niveau des conventions internationales, par la promotion des DRR dans les réseaux de convention internationale et de leurs structures et mécanismes, essentiellement dans UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) et UNCCD (United Nations Convention to Combat Désertification).
- Intervenir dans les agences d'aides bilatérales, par l'intégration des DRR dans leurs activités.
- Intervenir au niveau international, par la révision de la stratégie de la DDC pour ses partenaires multilatéraux et par le renforcement des DRR dans ses activités.

c.3. Le contrôle : il est inclus dans le processus de contrôle standard du département de la DDC en particulier H et PM.

**2- Les grands axes de la réduction des risques dans la DDC :**

La DDC développe 5 axes principaux dans le cadre de la réduction des risques. Ceux-là se résument comme suite :

- a- La minimisation des risques
- b- La préparation aux risques
- c- La réponse face aux risques
- d- Le relèvement
- e- La coopération multilatérale

a- La minimisation des risques :

La DDC travaille à limiter l'impact naturel de l'aléa, cela peut être observé au niveau de différentes interventions suivantes:

- Elaboration des cartes de l'aléa par des spécialistes et les autorités locales, et son utilisation dans le zonage territorial. (Nicaragua)
- Elaboration d'un microzonage sismique, pour être utilisé dans les plans d'aménagement urbain et d'occupation des sols (Turquie)
- Elaboration d'un code de construction (Turquie)
- Reforestation dans le but de stabilisation des pentes pour la réduction des inondations et des glissements de terrain. (Ukraine)
- Gestion des ressources en eau (Bolivie)
- Financement de construction de digues et de structures de rétention d'eau, et de structures de protection. (Ukraine et Tadjikistan)
- Intégration dans la législation de l'eau (Water législation) les concepts de protection contre les inondations.

b- La préparation aux risques :

La préparation inclue toutes les actions et mesures prises pour assurer une réponse adéquate aux désastres. Les plans et procédures pour la gestion d'une urgence sont importants pour assurer les secours, les interventions et la réhabilitation à différentes échelles :

- Echelle communautaire
- Echelle opérationnelle
- Echelle de la gestion
- Echelle politique

c- La réponse face aux risques :

Les actions entreprises par la DDC pour faire face à une situation de crise sont :

- Mettre à disposition des pays touchés l'aide humanitaire pour sauver les vies humaines et fournir les premiers besoins pour les victimes.
- Réparation rapide pour un retour à une vie normale pour la population.
- Déploiement de spécialistes, la fourniture de nourriture et de première aide.
- Financer les organisations internationales dans leurs actions de réponse.
- Mobiliser une équipe Suisse de secours « équipe de secours rapide » (SET)

d- Le relèvement :

La DDC intervient dans le cadre de l'aide au relèvement par les actions suivantes :

- Analyse de l'événement : évolution de l'événement et des dommages causés aux ouvrages et infrastructures, analyse du système de gestion de l'urgence et synthèse des leçons à apprendre pour le futur.
- Evaluation du risque : évaluer les effets secondaires d'un événement.
- Adaptation du plan d'occupation des sols
- Reconstruction et renforcement des ouvrages
- Promotion du système de transfert du risque (assurances, microcrédit, cash for host families en Indonésie)

e- La coopération multilatérale :

La DDC travaille à développer une coopération internationale multilatérale efficace, le but est de joindre les forces. Cette coopération est fondée sur trois niveaux :

- Le niveau financier
- Le niveau de l'échange des connaissances et de l'expérience
- Le niveau de donateur

La DDC intervient dans multiples domaines de la coopération internationale comme :

- Solidarité internationale
- Conférence internationale
- Convention internationale

### **3- Méthodologie développée par la DDC dans le cadre de la réduction des risques:**

La méthodologie de la DDC est principalement basée sur trois points « l'appréciation du risque, l'évaluation du risque, les mesures à appliquer ».

a- Appréciation du risque :

Elle est désignée par l'étude des aléas, en prenant en considération l'intensité des événements et la probabilité de leur occurrence, sans oublier la vulnérabilité. Durant cette phase, il y'a lieu d'établir des cartes des risques, vulnérabilités et des aléas.

b- Evaluation du risque :

Un travail important est développé pour fixer un seuil de risque acceptable par les institutions du gouvernement et par la communauté.

c- Mesures à appliquer pour la réduction des risques : (à un niveau acceptable)

- Délocalisation : éviter les zones dangereuses.
- Réduction ou minimisation : diminuer l'intensité des aléas ou la vulnérabilité. (remarque : il est difficile de diminuer l'aléa d'un événement. Il est plus judicieux de travailler sur la minimisation ou l'atténuation de la vulnérabilité)
- Réponse : faire face à l'événement et réduire les dommages.
- Transfert : distribuer le risque sur une communauté plus large (assurances)
- Exécution et application : faire face à d'autres risques.

4- Les mécanismes de la DDC pour la minimisation des risques :

Le travail de la DDC est principalement sur la minimisation des effets naturels :

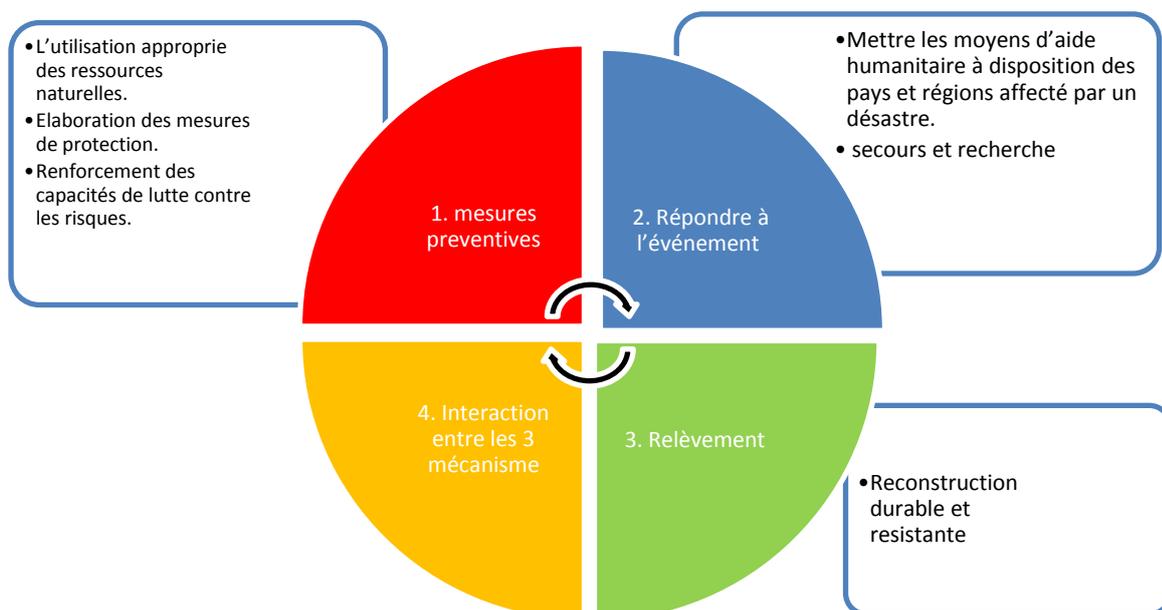
a- À travers les mesures préventives comme :

- L'utilisation appropriée des ressources naturelles.
- Elaboration des mesures de protection.
- Renforcement des capacités de lutte contre les risques.

b- Répondre à l'événement : Mettre les moyens d'aide humanitaire à disposition des pays et régions affectés par un désastre.

c- Relèvement : Reconstruction durable et résistante.

d- Interaction entre les 3 mécanismes.



## **5- Lignes directrices de travail de la DDC dans le cadre de la réduction des risques**

La DDC travail sur différentes lignes directrices dans le cadre de la réduction des risques, et cela à travers les phases de « Prévention, préparation, gestion et enfin le relèvement ».

### **1. Prévention :**

- Encourager l'intégration des DRR dans tous les projets.
- Travailler sur l'évaluation et la minimisation du risque.
- Proposer et employer des mesures structurelles pour la réduction des risques.

### **2. Préparation :**

- Travailler sur la création d'un réseau de réduction des risques.
- Elaborer des mesures non structurelles.
- Développer des programmes de formation et d'information.
- Appuyer le système de coopération international.
- Promouvoir le transfert du risque.

### **3. Gestion :**

- Assister les régions touchées par une catastrophe dans le cadre de l'intervention et des secours, par la mise à disposition d'équipes de secours rapides « SET » et autres (GIAR).
- Aider à l'approvisionnement des fournitures et logistiques de premières nécessités.
- Financer les actions des organisations internationales et des gouvernements dans le cadre de la réduction des risques.
- Mettre à disposition des régions touchées des équipes spécialisées dans le cadre de réparation et réhabilitation rapide.

### **4. Relèvement :**

- Reconstruire des ouvrages et infrastructures, ainsi que la réhabilitation sociale et économique.

## **6- Programme et actions de la DDC en Haïti pour la réduction des risques et désastres :**

La DDC en Haïti a un programme de travail qui se développe autour de 3 points suivants :

- Aide d'urgence et sécurité alimentaire (BuCo)
- Réhabilitation des infrastructures sociales (BuCo)
- Appuis technique et formation (CCR)

Chaque point du programme contient des actions qui le caractérisent. Pour ce qui concerne :

- l'aide d'urgence et sécurité alimentaire, on peut mentionner les actions suivantes :
  - Le séisme du 12 janvier 2010
  - L'épidémie du choléra
  
- La réhabilitation des infrastructures sociales, on peut citer les actions suivantes :
  - Actions bilatérales cofinancées par la DDC
  - Actions directes de la DDC
  
- L'appuis technique et formation, on peut mentionner les actions suivantes :
  - Formation
  - Appuis technique
  - Gestion des risques et désastres



### **6.a- Le Bureau de coordination en Haïti (BuCo) :**

À travers les tableaux qui vont suivre, nous allons mentionner les actions présentes et futures du BuCo en Haïti, ainsi que les taches qui déterminent chaque action. Ces taches sont aussi classifiées sous différentes phases de la réduction des risques (Prévention, préparation, gestion, relèvement).

## 6.a.1- Actions présentes :

Aide d'urgence et sécurité alimentaire :				
Action de la DDC en Haïti	Prévention	Préparation	Gestion	relèvement
Séisme du 12 janvier 2010			Distribution de matériel de première nécessité et logistique.	
			Prise en charge médicale	
			Approvisionnement en eau	
			Installation des camps de sinistré (Abris temporaire)	
			Financement d'autres organisations	

Aide d'urgence et sécurité alimentaire :				
Action de la DDC en Haïti	Prévention	Préparation	Gestion	relèvement
Epidémie de choléra de octobre 2010 (20 experts du CSA ont été dépêchés)			Analyse et production d'eau potable mais aussi assurer la formation des collaborateurs de la DINEPA	
			Fournir du matériel médical et de désinfection de l'eau .	
			Mise à disposition des médecins et des logisticiens du CSA pour soutenir les organisations partenaires dans la prise en charge des malades du choléra	
			Aide financière à des organisations partenaires dans le cadre des activités d'assistance sanitaire et de prévention du choléra	

Réhabilitation des infrastructures sociales				
Action de la DDC en Haïti	Prévention	Préparation	Gestion	relèvement
Actions directe de la DDC				Reconstruction et réhabilitation des écoles et un hôpital
Actions bilatérales cofinancé par la DDC				Reconstruction des écoles
	Agrandissement des écoles			
	Construction d'école			

### 6.a.2- Actions futures :

Réhabilitation des infrastructures sociales				
Action de la DDC en Haïti	Prévention	Préparation	Gestion	relèvement
Actions directe de la DDC	Sensibilisation des enfants aux risques liés au site de l'école (sécurité routière, inondation, séismes etc.). Diffusion de message de GRD sur des supports visibles de l'école (murs, voile béton, etc.)	Sensibiliser le MENFP à la problématique GRD et l'amener à créer des actions civiques au sein de l'école sur les comportements.		
Actions bilatérales cofinancé par la DDC	Sensibiliser les partenaires aux mêmes processus que pour les actions directes DDC.			

## **6.b- Le Centre de compétences et reconstruction (CCR) :**

À travers les tableaux qui vont suivre, nous allons mentionner les actions présentes et futures du Centre de compétences et reconstruction (CCR) en Haïti, ainsi que les tâches qui déterminent chacune de ses actions. Ces tâches sont aussi classifiées sous différentes phases de la réduction des risques (Prévention, préparation, gestion, relèvement).

### **6.b.1- Actions présentes :**

Appuis technique et formation (CCR)				
Action de la DDC en Haïti	Prévention	Préparation	Gestion	relèvement
Appuis technique	Reconstruction et construction d'écoles:  -Calcul structurel dans le cas des séismes et cyclones -Conseil pour le choix du site et d'implantation			
	Recommandations techniques pour constructions temporaires et semi-temporaires		Recommandations techniques pour constructions temporaires et semi-temporaires	Recommandations techniques pour constructions temporaires et semi-temporaires

Action de la DDC en Haïti	Prévention	Préparation	Gestion	relèvement
Formation	Formation de la main d'œuvre (maçons)	Formation de la main d'œuvre (maçons)		
	Elaboration de supports techniques de formation	Elaboration de supports techniques de formation		
	Sensibilisation du public et des autorités	Sensibilisation du public et des autorités		
Gestion des risques et désastres	Appui pour la production d'une machine manuel pour tester les matériaux			

### 6.b.2- Actions futures :

Appuis technique et formation (CCR)				
Action de la DDC en Haïti	Prévention	Préparation	Gestion	relèvement
Formation	Formation des universitaires et des cadres	Formation des universitaires et des cadres		
Gestion des risques et désastres	Création d'une filière de gestion des risques et désastre à l'université d'Haïti	Création d'une filière de gestion des risques et désastre à l'université d'Haïti		
		Développement des capacités de réaction post catastrophe au niveau communal		
		implication dans l'appui au gouvernement haïtien		
	Proposition de plans type d'écoles résistantes aux séismes			

## **7 - Analyse et évaluation des risques dans les projets de la coopération suisse en Haïti :**

### **7.a- Ecole Nationale dessources à Leogâne :**

Nous procédons à deux types d'évaluation, la première sur la base d'un support d'images satellite à partir du programme Google Earth, ainsi que de la documentation disponible, et la deuxième évaluation est faite sur le terrain par une observation du site et la récolte d'informations au niveau de la population locale par des interviews.

À partir de cela nous avons déterminé les risques suivants :

#### **a- Le risque Routier :**

Durant notre visite sur le terrain nous avons fait un état des lieux des risques qui peuvent affecter l'école dessources, et nous avons constaté que le risque routier dans cette zone est très haut.

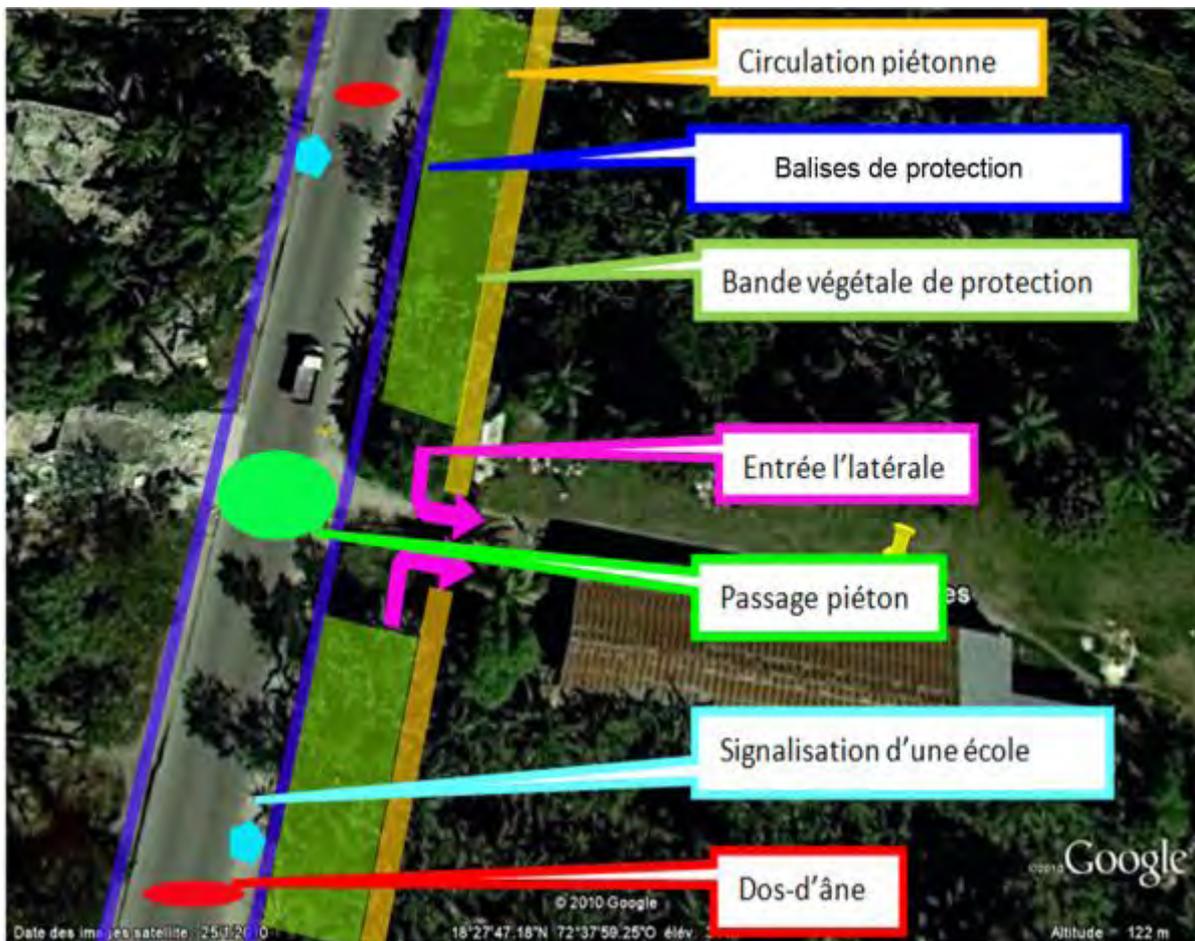
**Nos observations sur le terrain sont les suivantes :**

- Présence de trafic important sur la route nationale n°2, dont la présence de poids lourd qui s'avèrent dangereux par leur vitesse de circulation.
- Présence d'un danger réel pour les piétons par l'absence de :
  - Balise de protection.
  - Trottoir ou espace de circulation protégé.
  - Passage clouté.
- Absence de ralentisseurs (dos d'âne).
- Route mal entretenue.
- Confusion de la bande d'urgence avec l'espace de circulation pour les piétons.

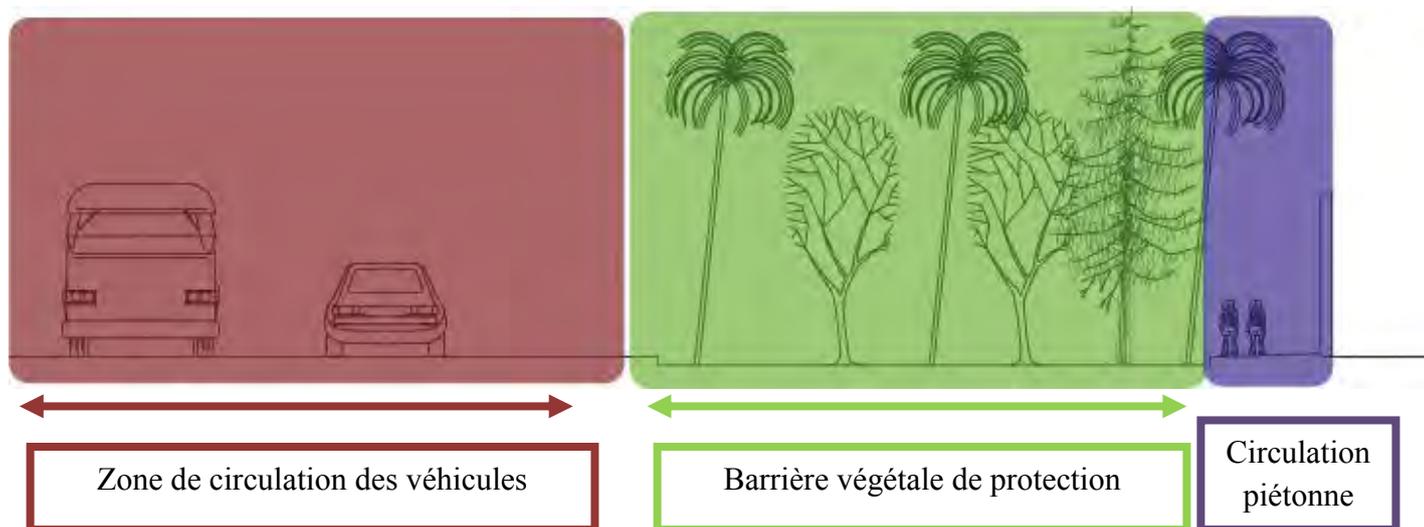
**Les recommandations pour la réduction du risque routier que nous pouvons apporter sont :**

- Création d'une voie de circulation piétonne le long de la clôture sur une longueur de 2Km.
- Protéger le parcours piéton (2Km) par une bande végétale dense constituée d'arbres, de palmiers et de végétation qui sépare la route de la clôture. Cette bande devra arrêter les véhicules dans le cas d'une déviation de la route.
- Construire des balises de sécurité le long de la route.

- Eviter une entrée frontale à l'école et favoriser des entrées latérales ce qui devrait protéger les enfants à l'entrée et à la sortie de l'école.
- Installation de ralentisseurs tout le long du parcours (2Km) de la grande route afin de diminuer la vitesse du trafic.
- Installer des passages piétons dans les lieux requis.
- Installation de grands panneaux d'indications le long du parcours et à proximité de l'école.



Schémas regroupant les recommandations de réduction du risque routier



Vue en coupe de l'aménagement de la route dans le cadre de la réduction du risque routier

- Elaboration d'un circuit de circulation sécurisé, et le vulgariser au niveau des écoles de la région.
- Mettre à disposition des enfants durant les heures d'entrée le matin et de sortie l'après-midi un surveillant qui aide les enfants à traverser la grande route.
- Sensibilisation des enfants sur les risques de circulation (enseignement du code de la route)
- Exercices pratiques à l'échelle réelle (petit circuit) des comportements de sécurité sous forme de jeux et de simulation.
- Enseignement des réflexes à observer en cas d'accident pour les enseignants et les employés de l'école.
- Etablissement de messages de prévention des accidents de la circulation pour la sensibilisation des enfants, sous forme de message vocal ou musical (voir création d'une petite radio locale de sensibilisation)
- Peintures murales de messages de sensibilisation contre les risques routiers et des comportements à observer.

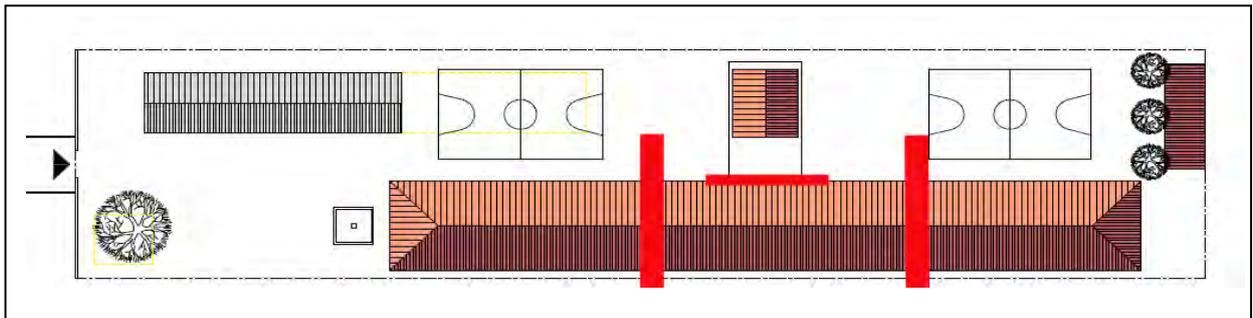
Recommandations	Facilement Exécutée	Moyennement Exécutée	Difficilement Exécutée	Importance
Création d'une voie de circulation piétonne le long de la clôture				1
Construire des balises de sécurité le long de ce parcours.				2
Eviter une entrée frontale à l'école est favoriser des entrées latérales.				1
Installation de ralentisseurs et des espaces de passage piéton.				1
Installation de grands panneaux d'indications et de sensibilisations pour les conducteurs				2
Maintenir l'espace végétal entre la clôture et la route, ainsi que son développement tout le long du parcours piéton.				1
un surveillant qui aide les enfants à traverser la grande route.				1
Sensibilisation des enfants sur les risques de circulations (enseignement du code de la route)				1
Exercices pratiques à l'échelle réelle (petit circuit) des comportements de sécurité sous forme de jeux et de simulation.				1

Recommandations	Facilement Exécutée	Moyennement Exécutée	Difficilement Exécutée	Importance
Former les enseignants et les employés de l'école sur les réflexes à observer en cas d'accident.				1
Etablissement de messages de prévention des accidents de circulations pour sensibiliser les enfants, sous forme message vocal ou musical.				2
Peinture murale de messages de sensibilisation contre les risques routiers et des comportements à observer.				1
Elaboration d'un circuit de circulation sécurisé et le vulgariser au niveau de l'école.				1

## b- Le risque sismique :

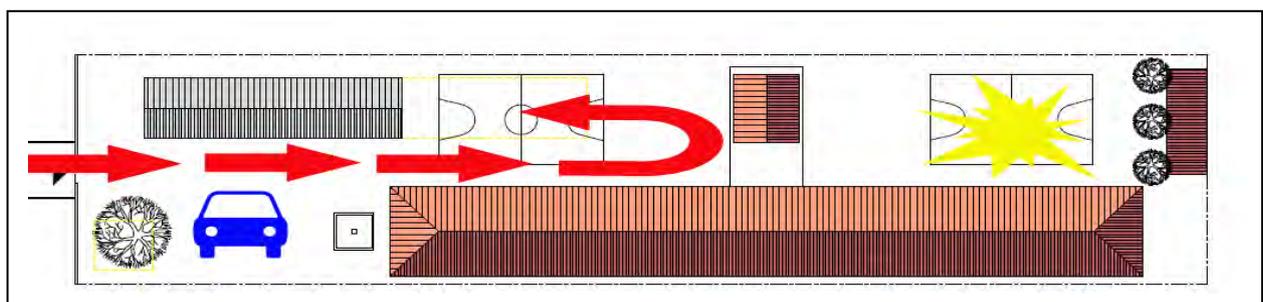
Après une visite du site de construction et une analyse des plans établis par le BuCo dans le cadre de la construction de cette école nous avons constaté les points suivants :

- Le site de construction est imposé par les institutions de l'état haïtien et non choisi par le BuCo.
- Bâtiment très long nous conseillons l'installation des joints parasismiques dans le bâtiment A (longueur importante) (chaque 28m un joints de 6 cm)

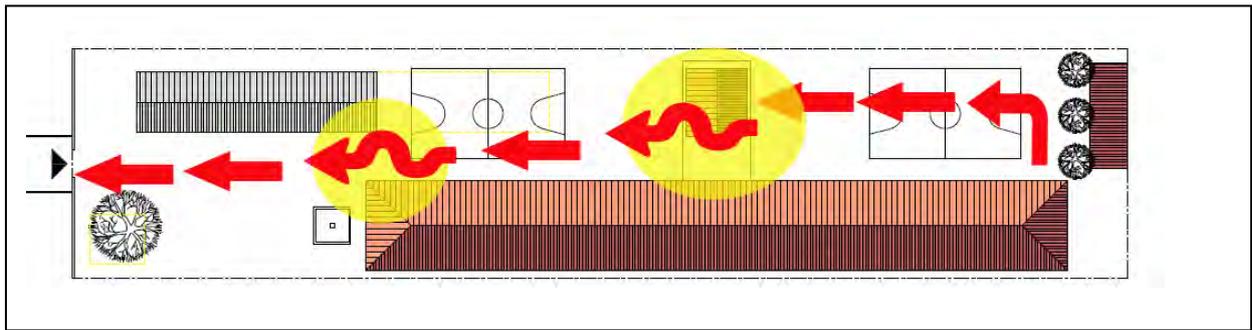


Intégration de joints parasismiques car le bâtiment est très long (plus de 60m). Il est important aussi de désolidariser les deux plateformes par un joint de dilatation.

- Permettre une évacuation et une intervention facile (accès des ambulances et véhicules de secours). Nous observons que le bâtiment Administratif ne permet pas un bon accès des secours, ainsi qu'une bonne évacuation des enfants.

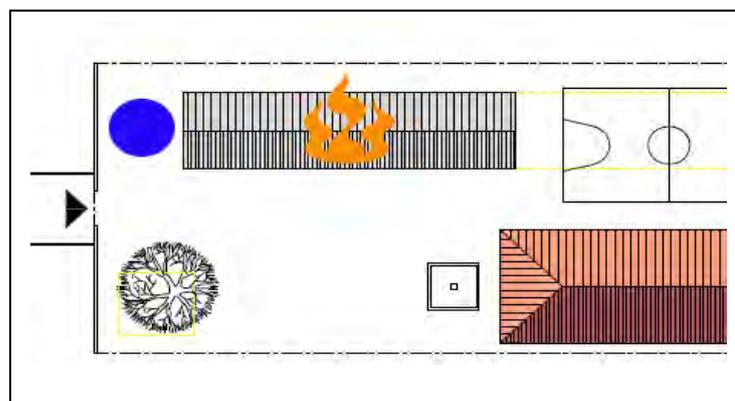


Difficulté d'intervention en cas de besoin urgent. Le véhicule de secours ne peut pas pénétrer dans tout le site, et il ne pourra pas évacuer les blessés facilement.



Difficulté dans la fluidité de l'évacuation

- Les espaces de loisirs (cours) doivent être considérés comme premiers espaces de protection pour les enfants et le personnel de l'école, ces espaces doivent être vastes et permettre une évacuation facile. Les mouvements dans ces espaces ne devraient pas être limités par des constructions.
- Sensibilisation des enfants au risque sismique par des exercices de simulations.
- Vulgarisation du plan d'évacuation en cas de catastrophe (lieu de regroupement, circuit à prendre, l'organisation du personnel de l'école chargé de l'évacuation).
- Installer un panneau du plan d'évacuation dans la cour.
- Caractériser l'espace du regroupement par une couleur ou un élément de repère apparent.
- Signalisation de la direction d'évacuation au sol vers le lieu de regroupement.
- Prévoir une infirmerie permanente de premiers soins.
- Sensibilisation des enfants au risque sismique, et des gestes à entreprendre durant un événement par des caricatures sur les murs de clôture ou les façades de l'école et ainsi que le sol, par des banderoles, par des posters, par la distribution d'un matériel scolaire qui inclus des messages de prévention, création de chanson de sensibilisation.
- Assurer un point d'eau près du réfectoire en cas d'incendie après un séisme.



Prévoir un réservoir d'eau prêt de la cuisine, afin de prévenir un risque d'incendie due au séisme.

c- **Le risque des inondations :**

D'après les témoignages des habitants de la région et des autres personnes interviewées, le site de l'école est soumis à des inondations faibles de moins de 50 cm de hauteur. Ces inondations sont dues à :

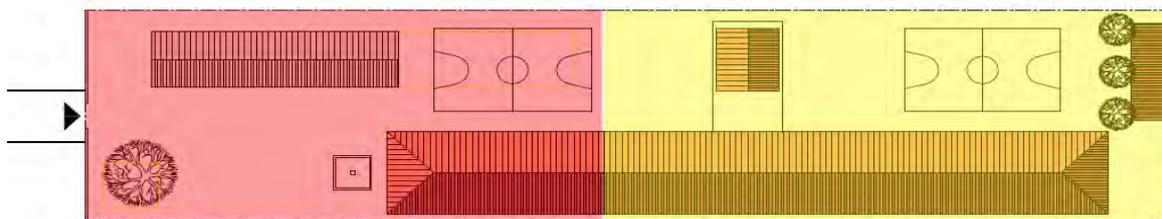
- Une absence d'un réseau d'évacuation des eaux pluviales.
- Une différence de niveau entre la route et le site, ainsi que la présence d'une pente qui draine les eaux de pluies directement vers le site.



Différence de niveau entre la route et le site de construction.



Absence de drainage et de système d'évacuation des eaux



Selon les témoignages du personnel de l'école, la zone qui est à côté de l'entrée est souvent inondée, par contre le reste du site ne l'est pas. (Couleur rouge zone inondable / zone jaune très peu inondable). Attention ! La surface colorée ne représente pas la surface exacte du terrain inondable.

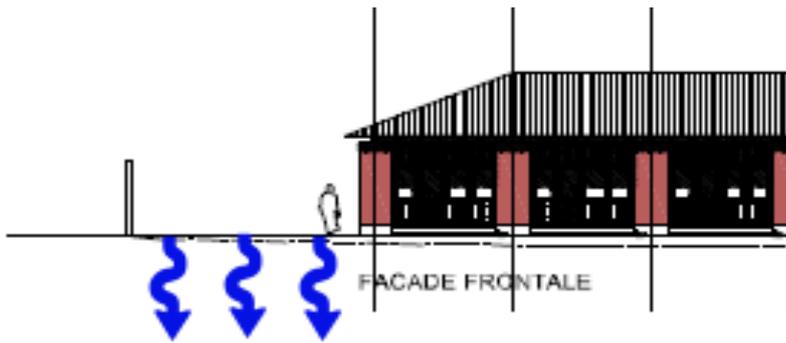
D'après une observation sur la carte de la région à partir de Google Earth, nous pouvons observer que la zone est dans la partie de la plaine qui est susceptible de connaître des inondations à cause des eaux qui proviennent des montagnes à côté. Et cela surtout durant des grands événements intenses et durables.



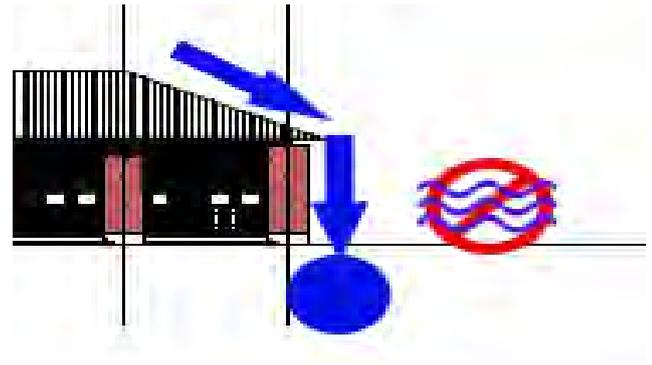
Il est important de souligner que bien que les interviews nous aient montrés que des grandes inondations sont très peu probables, il est important de considérer ce risque à une échelle au moins « moyenne », car les grands évènements ont une période de retour de plus de 300ans. **Malheureusement nous n'avons pas d'information sur l'histoire des inondations de cette région.**

**Afin de réduire le risque, il est important d'apporter des solutions suivantes dans le projet :**

- Installer un réseau d'évacuation des eaux pluviales dans les espaces ouverts.
- Installer un système de récupération des eaux pluviales des toitures.
- Installer un système d'évacuation des eaux de pluies le long de la grande route.
- Encourager des zones perméables dans le site.
- Prévoir un lieu de regroupement surélevé.
- Sensibilisation des enfants (voir les mêmes recommandations pour les risques sismiques)



Perméabilisations du sol



Récupération des eaux pluviales dans des réservoirs

#### d- Le risque des cyclones :

Le projet prend en considération le risque cyclonique au niveau de la toiture et de la structure qui sont calculées pour résister au séisme. Une sensibilisation des enfants est recommandée.

#### e- Autres recommandations ( selon les interviews effectués avec les enfants de l'école ) :

Selon les interviews faites sur place nous recommandons les actions suivantes :

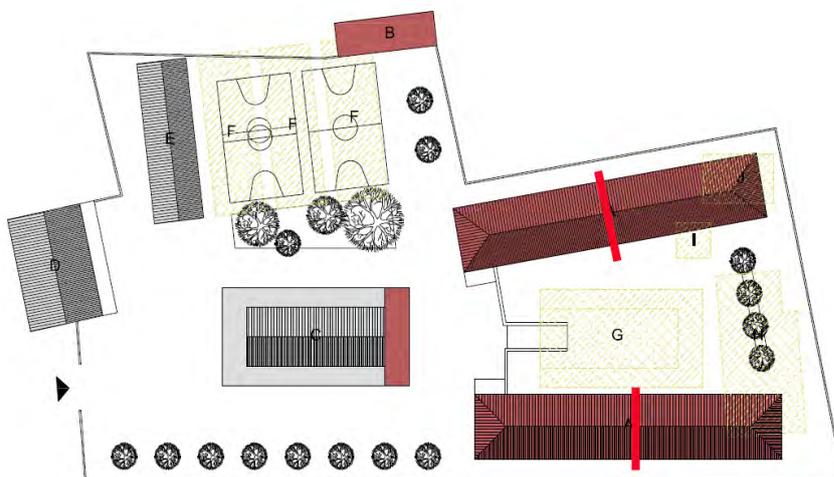
- Agrandir la toiture car la pluie entre dans les locaux temporaires.
- Planter des arbres et encourager des zones d'ombrage.
- Installer des lieux pour des pic-nic en plein air.
- Développer les jeux suivants : Balançoire, cordes, football.
- Diminuer la poussière par des plantations et revêtements au sol.
- Eviter des toilettes isolées (sécurité pour les enfants)
- Eviter des espaces perdus qui restent non utilisés.

## 7.b- Ecole Nationale de Sacré Cœur à Petit Goâve :

### a- Le risque sismique :

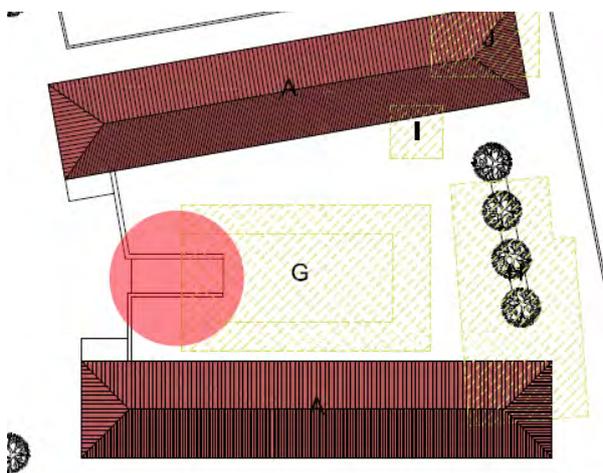
Après l'analyse des documents et plans de construction concernant l'école de Sacré Cœur à Petit Goâve, nous avons constaté les points suivants :

- Le site de construction est imposé par l'état haïtien et non choisi par le BuCo.
- Bâtiment très long nous conseillons l'installation des joints parasismiques (chaque 28m un joints de 6 cm)



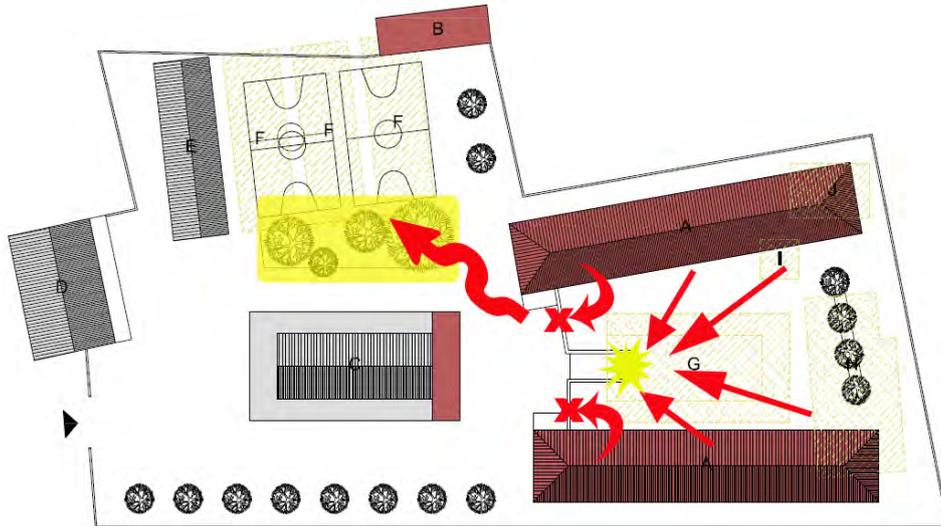
Intégrer des joints parasismiques dans les édifices de grande longueur

- Élargir au maximum la rampe afin de permettre une évacuation et une intervention facile. (accès des ambulances et véhicules de secours).

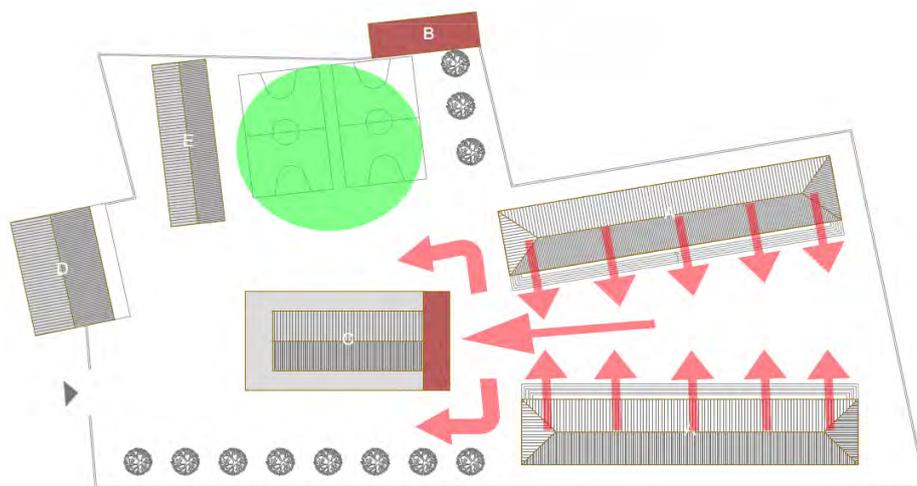


Élargir la rampe afin de permettre une évacuation rapide de tous les enfants, ainsi qu'un accès facile des véhicules des corps d'interventions.

- Faciliter la fluidité d'évacuation en éliminant les obstacles susceptibles de ralentir ou de gêner l'évacuation des enfants.



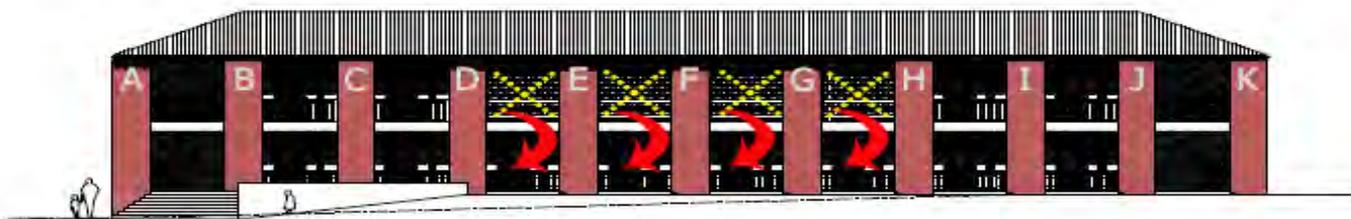
Fluidité d'évacuation vers un lieu de regroupement difficile.



Modification du plan de masse pour faciliter l'évacuation des enfants.

Une des propositions les plus simples est d'éliminer la rampe qui bloque la circulation latérale et de concevoir des escaliers simples avec des marches douces de 15cm de hauteur et une longueur de 30 à 35cm, afin de faciliter la circulation pour les enfants.

- Eviter les claustras à l'étage du cotés de la sortie des édifices afin d'éviter des chutes de blocs sur les enfants lors de l'évacuation.



Chute de blocs de ciment (claustras) en cas de séisme fort, cela est due à la différence de comportement entre les voiles en béton armé et les blocs de ciments.

- Sensibilisation des enfants et du personnel (voir les recommandations pour l'école dessources)
- Le mur de clôture au Sud peut être utilisé pour la sensibilisation des enfants contre les risques, et cela sur ses deux façades. (présence d'une deuxième école et d'une rue piétonne très fréquentée par les écoliers de la région)
- Déplacer l'entrée de l'école au niveau de la rue secondaire qui est très fréquentée par la population locale et les écoliers de la région.



Le mur de cloison qui longe la route secondaire (en rouge) est d'une importance primordiale dans le cadre de sensibilisation et transmission des messages. Ce mur peut être utilisé sur les deux faces. La face intérieure pour la sensibilisation des enfants scolarisés dans l'école, et la face extérieure pour les enfants scolarisés dans les autres écoles périphériques qui sont très nombreuses. Il est à noter que cette rue est très fréquentée par les écoliers de la région.

## **b- Le risque des inondations :**

Selon les interviews que nous avons effectuées dans la zone, le risque d'inondation est bas. Le site est rarement inondable. Mise à part la route devant l'entrée qui lors des journées de pluie se trouve engorgée d'eau et rend l'accès à l'école pour les enfants difficile.

Le site se situe loin des rivières principales de la région. La rivière majeure la plus proche se situe à 1,5Km, ce qui veut dire que le site ne se localise pas dans un lit de rivière, ni dans une zone à haut risque d'inondation.

Par contre la présence de montagne au Sud de Petit Goâve, et la topographie plus ou moins plane de cette région, nous fait penser que lors d'un événement météorologique important, cela peut provoquer des inondations dans cette région.

En conclusion, nous pouvons classer ce site dans une catégorie d'inondation moyenne en cas d'évènement majeur.

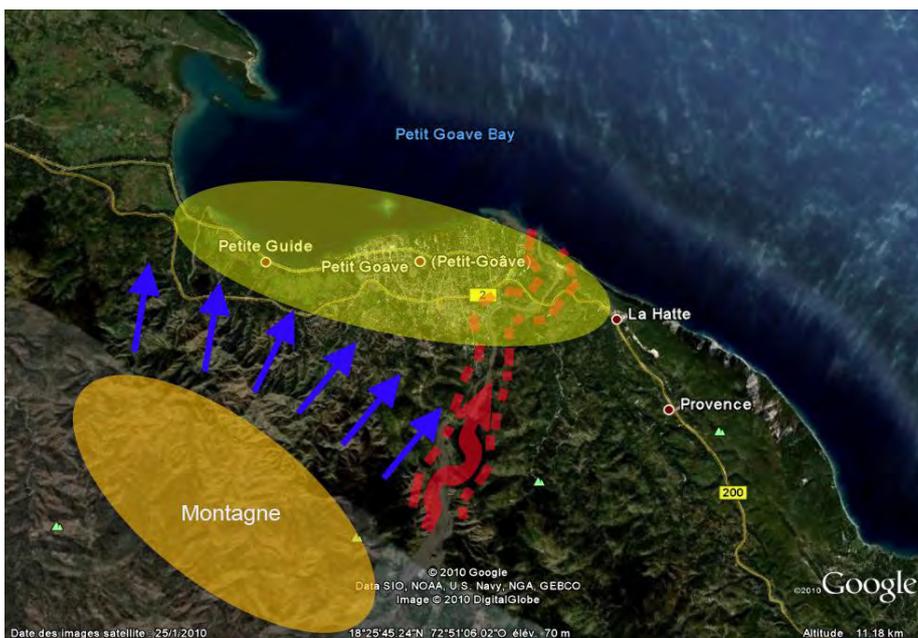
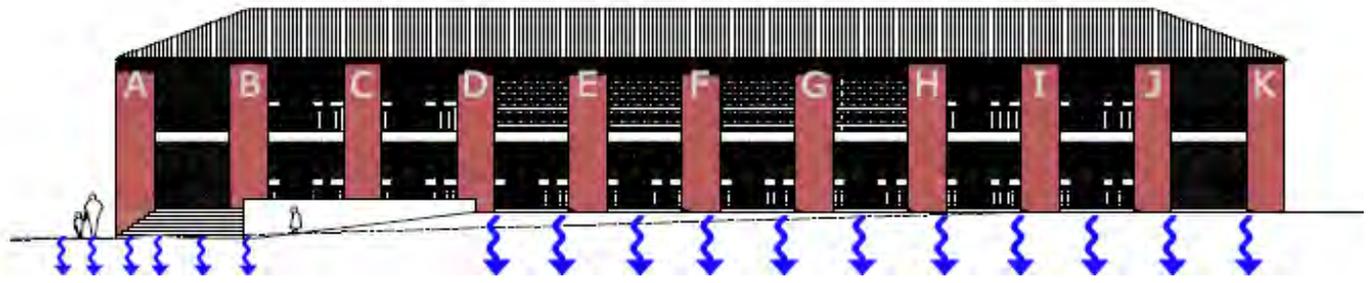


Schéma qui explique le risque des inondations à Petit Goâve à cause des montagnes du Sud qui peuvent drainer de grandes quantités d'eau de pluie vers la ville lors d'un grand événement météorologique.

La rivière en couleur rouge ne peut pas affecter le site de construction vu la distance qui les sépare (1,5 Km), par contre celle-là pourrait affecter la ville de Petit Goâve et bloquer la route nationale n°2.

## **C'est pour cela qu'il est important d'assurer :**

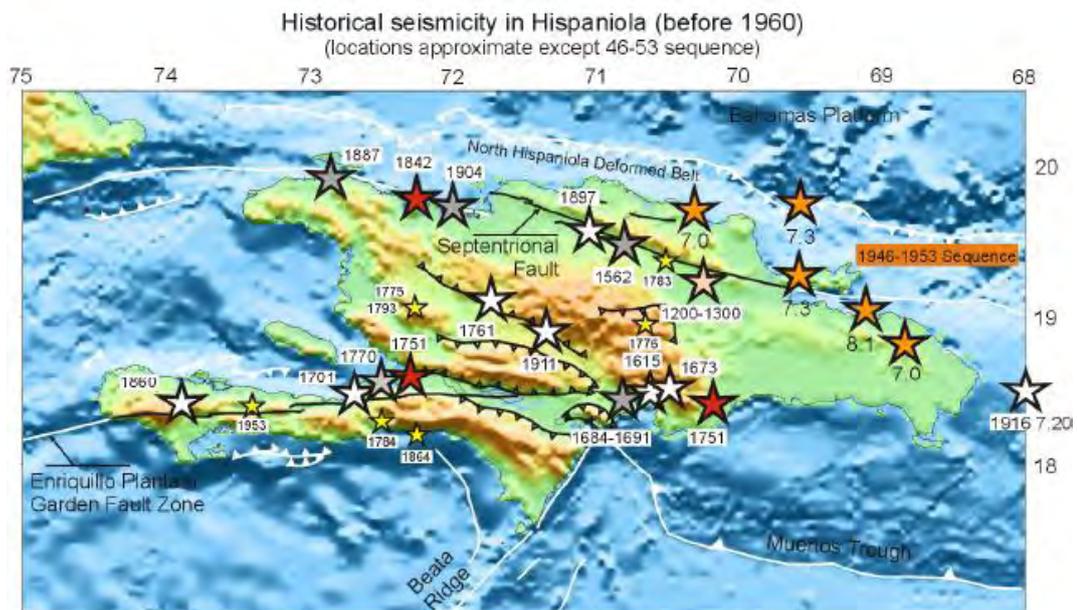
- Un bon drainage des eaux de pluies dans le site.
- Une récupération au niveau des toitures des eaux de pluies dans des réservoirs.
- Assurer une bonne évacuation des eaux au niveau de la route qui longe l'entrée de l'établissement, afin de permettre un bon accès à l'école lors des journées de pluie. Il serait intéressant de réfléchir sur le déplacement de l'entrée vers la route secondaire qui longe l'école (voir la recommandation précédente dans la partie du risque sismique)
- Encourager des surfaces perméables.



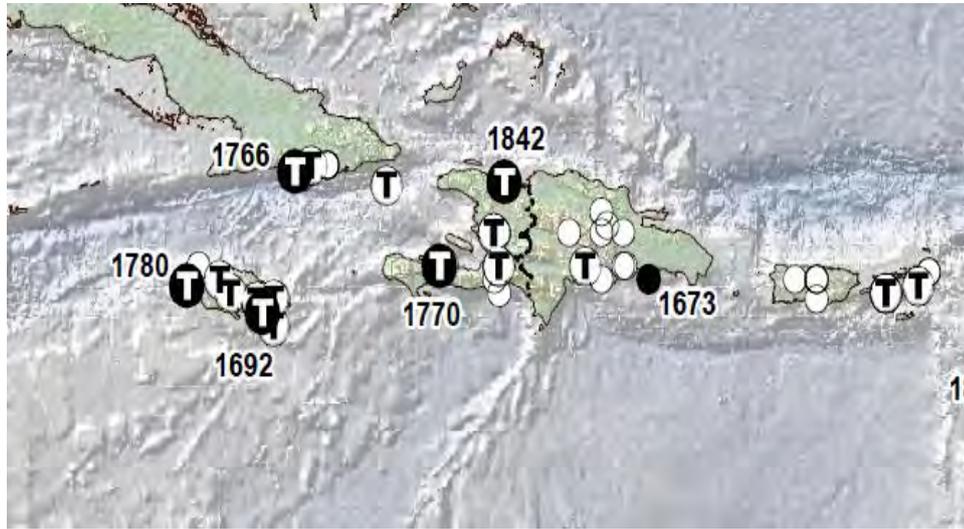
Perméabilisation du sol pour permettre la pénétration des eaux de pluie dans la

### c- Le risque de tsunami :

L'école est située à 250m de la mer avec une topographie plane et peu accidentée. Ce qui nous oblige d'étudier un éventuel risque de tsunami en cas de séisme fort en plein mer.



Source: programme d'appui à la mise en œuvre d'un plan national de gestion du risque et de prévention des désastres



Source: USGS – Seismicity of the earth 1900-2007

Carte historique des tsunamis en Haïti

À travers les deux cartes précédentes, nous pouvons observer que seulement la faille du Nord peut générer un tsunami vers la direction de la ville de Petit Goâve. Malgré la présence de l'île de Gonâve qui est un premier rempart à un tsunami généré par la faille du Nord, la ville de Petit Goâve peut être affectée par la force engendrée par le tsunami. Il est important dans ce cas de renforcer les points suivants :

- Renforcer le système d'alerte aux tsunamis.
- Information de la population.
- Préparation de la population par des exercices de simulation.
- Densifier les bords de mers par un tissu végétal dense et minimiser l'urbanisation dans ces zones.

La sismicité en Haïti est très mal connue, des failles non localisées peuvent aussi générer des séismes et des tsunamis violents. Il est important de procéder à des études avancées dans ce domaine là.

#### **d- Le risque des cyclones :**

Le projet prend en considération le risque cyclonique au niveau de la toiture et de la structure qui sont calculées pour résister aux vents violents.

## **Conclusion :**

La DDC développe une bonne capacité d'intégration des DRR dans ses projets. Des moyens importants sont investis par la DDC pour encourager les gouvernements et les organisations partenaires à employer les mesures stratégiques, techniques, constructives et réglementaires pour minimiser les risques.

Le BuCo en Haïti travaille sur la prise en compte des DRR dans ses projets d'écoles de Leogâne et Petit Goâve. Des mesures antisismiques et anti cycloniques en étaient appliquées dans ces projets. Mon analyse personnelle est très positive au point de vue structurel et constructive pour ces deux écoles, quelques légères modifications d'aménagements sont à apporter afin de faciliter les interventions et les évacuations dans le cas d'un événement. Le BuCo fait un travail important en matière de gestion des crises, cela a été le cas durant le séisme du 12 janvier 2010 et durant l'épidémie actuelle de choléra qui frappe le pays. Le BuCo développe une stratégie d'implication de la DDC dans des actions directes, comme la réhabilitation et la construction d'écoles, ainsi que dans des actions indirectes, en finançant des projets entrepris par des partenaires.

Le CCR de son côté développe un travail de formation et d'information important dans le cadre de la préparation et de la prévention des risques, ainsi qu'un effort considérable dans la prise en compte de la gestion des risques par les institutions haïtiennes et le gouvernement. Un appui technique considérable est offert aux organisations partenaires et aux institutions haïtiennes.