

# El riesgo de inundación y las ciudades en los países en desarrollo



**Autores** Yves Kovacs, Nicolas Doussin, Marion Gaussens (SEPIA Conseils [Consultores])

**Coordinación** Laurent Pacoud, Olivier Gilard (AFD)

**País**

Varios países

**Palabras clave**

Riesgo de inundación, vulnerabilidad, riesgo natural, gestión integral, amenaza, agua, clima, predicción, lluvia, crecida



## AUTORES

SEPIA Conseils es una empresa de consultoría fundada en 1991 que proporciona servicios de ingeniería, consultoría y asistencia para la gestión de proyectos en el ámbito del agua para entidades públicas contratantes y responsables del ordenamiento, privados tanto en Francia como a nivel internacional.

**Contacto:** [sepia@sepia-uw.fr](mailto:sepia@sepia-uw.fr)

## RESUMEN

El riesgo de inundación es el riesgo natural que afecta a la mayor cantidad de personas en todo el mundo. Sin embargo, es más bien un riesgo en términos de daños materiales que un riesgo letal para la población afectada. La gestión integrada de los riesgos de inundación (GIRI) es una respuesta global al riesgo de inundación, que es estructuralmente sistémico y que tiende a cambiar con el tiempo. Un enfoque operativo de la GIRI implica tener en cuenta tres componentes de la gestión del riesgo de inundación complementarios e interconectados: la prevención, la preparación y la cultura del riesgo. Esta nota técnica explica los bienes en juego de cada componente e incluye una lista no exhaustiva de las diferentes herramientas existentes y de los límites de aplicación de las mismas. Una presentación de ejemplos de zonas de riesgo ilustra con ejemplos precisos los elementos que se explican en la nota.

## IDIOMA ORIGINAL

Francés

## ISSN

2492-2838

## INSCRIPCIÓN LEGAL

4o. trimestre de 2017

## ADVERTENCIA

Los análisis y las conclusiones de este documento no reflejan en modo alguno las opiniones de la Agencia Francesa de Desarrollo ni de sus autoridades de control.

Las *notas técnicas* se pueden descargar  
en el sitio web de la AFD: <http://editions.afd.fr>

## RESUMEN

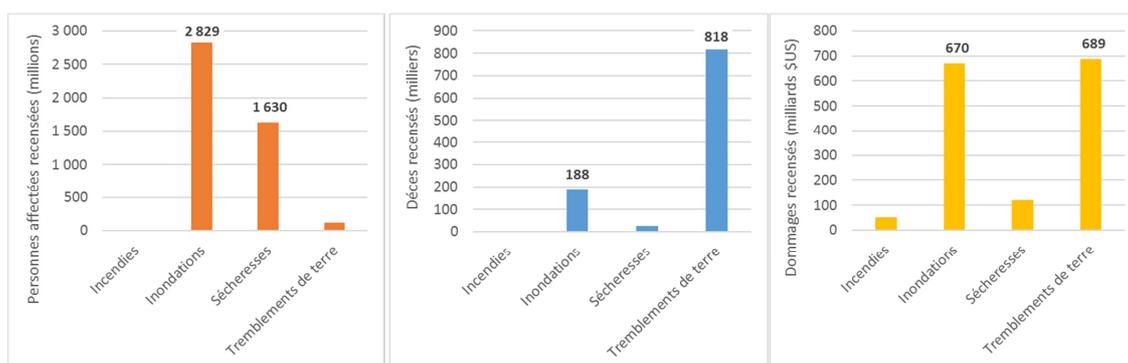
<b>Introducción.....</b>	<b>4</b>
<b>I. Las inundaciones: el desastre natural que afecta a más personas en todo el mundo .....</b>	<b>4</b>
<b>II. El papel central de las ciudades en los países en desarrollo.....</b>	<b>5</b>
<b>III. La prevención de riesgos para el desarrollo sostenible de los territorios urbanos .....</b>	<b>6</b>
<b>Caracterización del riesgo de inundación y de su gestión.....</b>	<b>8</b>
<b>I. El riesgo de inundación resulta de múltiples factores.....</b>	<b>8</b>
1. La vulnerabilidad del territorio (o la dimensión de los bienes en juego) .....	8
2. La amenaza de inundación .....	12
3. Un nivel territorial que debe adecuarse.....	15
<b>II. Hacia una gestión integrada del riesgo de inundación.....</b>	<b>16</b>
1. La prevención del riesgo de inundación en el centro de la limitación de los daños ...	17
2. Preparación sobre la gestión de crisis para facilitar la reacción ante una inundación	18
3. La cultura del riesgo, un requisito previo para el éxito operativo de una gestión integrada de las inundaciones.....	18
<b>La implementación de una prevención eficaz del riesgo de inundación ..</b>	<b>20</b>
<b>I. Las herramientas de reducción de la vulnerabilidad .....</b>	<b>20</b>
1. La identificación de los bienes en juego .....	20
2. La planificación urbana y la gestión del uso de suelos .....	22
3. La reducción de las vulnerabilidades de las construcciones .....	23
<b>II. Las herramientas de gestión de amenazas.....</b>	<b>23</b>
1. El conocimiento de la amenaza .....	23
2. Las medidas estructurales de protección contra inundaciones .....	28
<b>III. Las instituciones que se deben involucrar en la prevención del riesgo .....</b>	<b>32</b>
<b>Una mejor preparación para la crisis .....</b>	<b>34</b>
<b>I. Las herramientas de predicción.....</b>	<b>35</b>
1. La predicción meteorológica .....	35
2. La predicción de crecidas.....	36
<b>II. Las herramientas de planificación de crisis .....</b>	<b>37</b>
<b>III. Las instituciones que participan en la preparación .....</b>	<b>41</b>

<i>El fortalecimiento de la cultura de riesgo .....</i>	<i>42</i>
I. Las herramientas para mejorar la conciencia del riesgo.....	42
II. Los socios institucionales de la cultura del riesgo.....	44
<i>Ejemplos de territorios de riesgo en los países en desarrollo.....</i>	<i>45</i>
<i>Bibliografía.....</i>	<i>48</i>
<i>Anexo 1 – Léxico de los términos técnicos .....</i>	<i>56</i>
<i>Anexo 2 - El impacto de las inundaciones en los países de intervención de la AFD desde 1990.....</i>	<i>61</i>
<i>Anexo 3 - Conceptos claves del origen de la amenaza de inundación .....</i>	<i>63</i>
<i>Anexo 4 – Diferentes enfoques operativos de la gestión integrada del riesgo de inundación .....</i>	<i>71</i>
<i>Anexo 5 - Los métodos de dimensionamiento de las obras de protección contra inundaciones .....</i>	<i>76</i>
<i>Anexo 6 - Los diferentes tipos de radar utilizados para la predicción meteorológica.....</i>	<i>78</i>
<i>Anexo 7 - Los diferentes modelos de sistemas de seguro.....</i>	<i>79</i>
<i>Anexo 8 - Análisis detallado de los territorios bajo riesgo.....</i>	<i>83</i>
<i>Publicaciones anteriores de esta colección .....</i>	<i>108</i>
<i>¿Qué es la AFD?.....</i>	<i>112</i>

# Introducción

## I. Las inundaciones: el desastre natural que afecta a más personas en todo el mundo

Con más de 2,800 millones de personas afectadas en todo el mundo desde 1990 (EM-DAT, 2016), **las inundaciones constituyen el fenómeno que afecta a la mayor cantidad de personas en todo el mundo** (UNISDR, 2015). Sin embargo, representan más bien un **riesgo económico a causa de los daños materiales inducidos** que un riesgo letal para la población afectada. Por ejemplo, al efectuar una comparación con otros tipos de desastres naturales podemos ver que las inundaciones generan significativamente menos muertes que los terremotos (Figura 1).

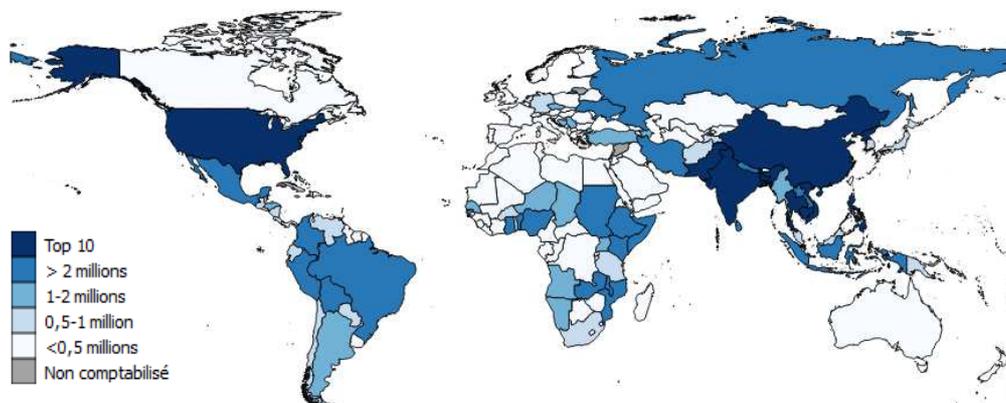


**Figura 1: Comparación de los daños causados por diversos desastres naturales en todo el mundo desde 1990 (fuente de datos: EMDAT – 2016)**

**Los daños materiales generados impactan significativamente las condiciones de vida de las personas afectadas por las inundaciones**, particularmente a través del deterioro de las construcciones (viviendas e infraestructuras críticas como hospitales y escuelas), la perturbación o ruptura de las redes (agua potable, saneamiento, residuos, energía, transporte), la perturbación o el cese de las actividades económicas y el desplazamiento de poblaciones.

A nivel mundial, algunos países se ven más afectados que otros por las inundaciones (Figura 2). Asia está particularmente expuesta: de los 10 países más afectados por las inundaciones, 9 son asiáticos. (de los cuales China en

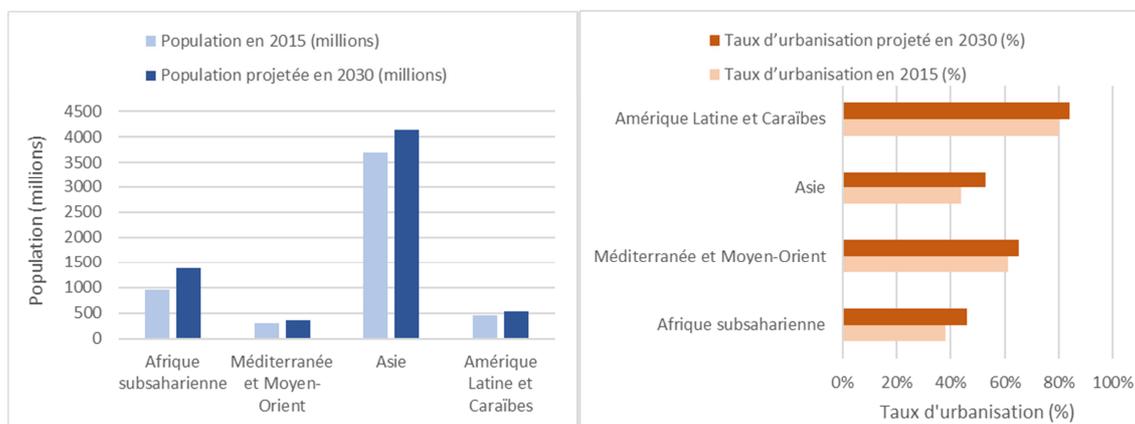
primer lugar)<sup>1</sup>. En anexo se presenta un informe detallado de los impactos tanto humanos como materiales, de las inundaciones en cada país donde la AFD desarrolla sus actividades.



**Figura 2: Distribución mundial de las personas afectadas por las inundaciones desde 1990 (EM-DAT, 2015)**

## II. El papel central de las ciudades en los países en desarrollo

La urbanización galopante en los países en desarrollo, especialmente en África y Asia (Figura 3), presenta un verdadero desafío para la gestión del riesgo de inundación.



**Figura 3: Resumen de la evolución demográfica y urbana hasta 2030 en las regiones de intervención de la AFD (ONU, 2014) (ONU, 2015)<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Lo que se puede comparar principalmente con la densidad media de población en esta región.

<sup>2</sup> Las proyecciones de la ONU que se presentan en este informe se refieren al escenario de "variante promedio" que se utiliza comúnmente a nivel internacional. Sin embargo, cambiar algunos supuestos puede dar lugar a variaciones significativas en estas proyecciones. Estos supuestos incluyen

**El desarrollo urbano provoca el aumento de las vulnerabilidades porque las personas y los recursos materiales se concentran en zonas cuyo uso del suelo era distinto anteriormente pero expuestas frecuentemente al riesgo de inundación.** Las poblaciones pobres procedentes del éxodo rural y que se vieron atraídas por las oportunidades económicas suelen vivir en estos lugares por falta de recursos, de espacios disponibles y de planificación territorial eficaz. Cabe señalar que estas poblaciones prefieren instalarse en estos barrios expuestos (o reinstalarse después de una inundación), ya que priman las perspectivas económicas sobre los riesgos de inundación.

Además, la dinámica de la urbanización tiende a una insuficiencia de infraestructuras de drenaje, a pesar de las nuevas inversiones enfocadas principalmente en el riesgo de inundación en vez de la reducción de las vulnerabilidades. Es así como se construyen rápidamente infraestructuras para responder a las necesidades crecientes de las ciudades (lo que conlleva un retraso constante de las necesidades asimilables a un sub dimensionamiento), además de que los recursos financieros son limitados. El desarrollo de la urbanización también da lugar al aumento de las escorrentías debido a la impermeabilización de las superficies y puede obstruir los cauces naturales de desagüe.

### **III. La prevención de riesgos para el desarrollo sostenible de los territorios urbanos**

En los países en desarrollo, la gestión del riesgo de inundación se encuentra en una posición relativa a otros elementos naturales y sociales que se perciben como un riesgo para la población. **Por lo tanto, el nivel de aceptabilidad social del riesgo de inundación es a menudo más elevado que en los países desarrollados.**

Dada la dimensión de la adaptación de los territorios frente al cambio climático y la reducción de los riesgos naturales, el desarrollo sostenible puede ser visto como una palanca propicia para aumentar la **resiliencia urbana**, es decir, la capacidad de la ciudad para adaptarse a los cambios o evoluciones de su entorno y reconstruirse después de una crisis.

---

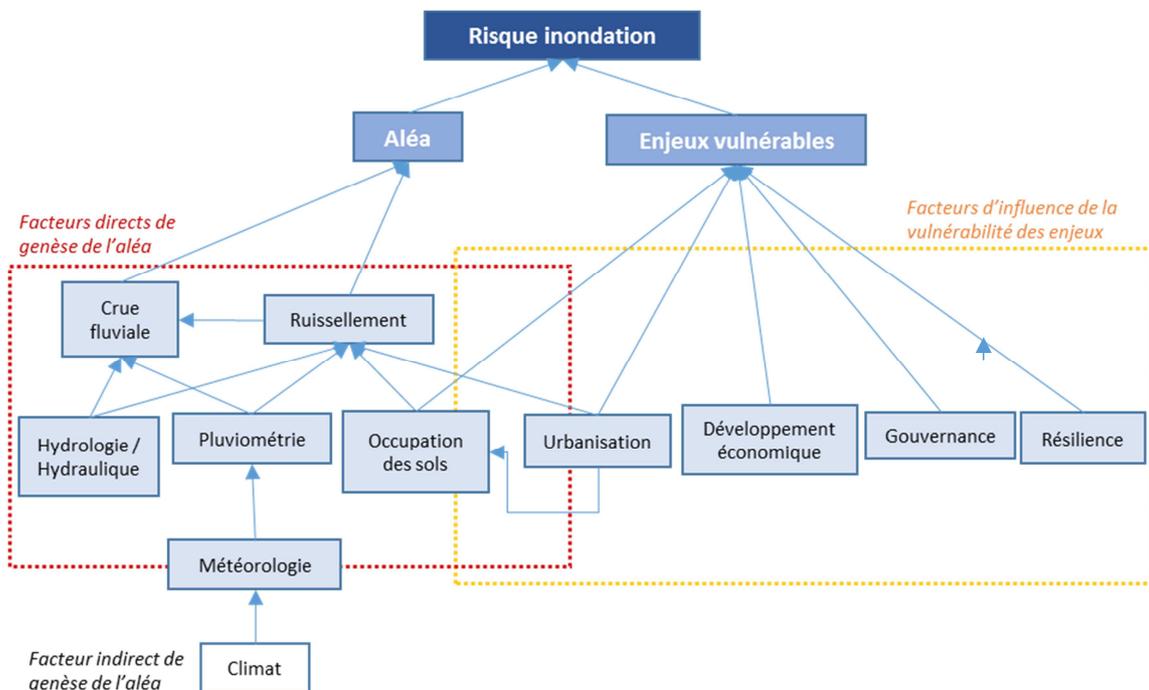
principalmente la evolución de la fertilidad, factor central de la evolución demográfica, pero también la evolución de los flujos migratorios, la cual sigue siendo difícil de predecir.

El vínculo entre la prevención de riesgos y el desarrollo sostenible en un territorio contribuye así a un consenso entre las **distintas partes interesadas a través de un proceso participativo, sobre un nivel de riesgo aceptable** en función de las zonas del territorio **y por ende, adaptar adecuadamente el uso de los suelos.**

# Caracterización del riesgo de inundación y de su gestión

## I. El riesgo de inundación resulta de múltiples factores

De acuerdo con un enfoque simplista de uso común, el riesgo de inundación, como todo riesgo de desastre, puede caracterizarse por **la exposición de intereses vulnerables a una amenaza**, a saber, la presencia temporal de agua. Estos dos factores (intereses y amenaza) están a su vez **influenciados por múltiples factores interconectados**, tales como el uso de la tierra, la urbanización y la meteorología (Figura 4).



**Figura 4: Representación simplificada de los vínculos entre el riesgo de inundación y sus componentes**

### 1. La vulnerabilidad del territorio (o la dimensión de los bienes en juego)

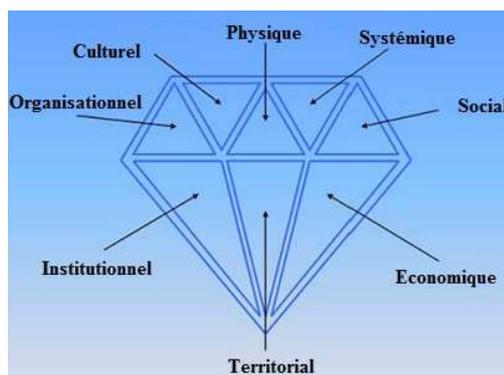
*Hacia una concepción multidimensional de la vulnerabilidad*

**La vulnerabilidad es un componente esencial del riesgo**, reconocida hoy en día como tal en vía de los países desarrollados, como Francia, a pesar de que durante mucho tiempo fue eclipsada a favor de la amenaza como el único factor en la comprensión de los riesgos naturales. **La vulnerabilidad a escala de un territorio es variable no solamente en el espacio** (el análisis de la

vulnerabilidad o de los bienes en juego debe realizarse a nivel de la parcela), **sino también en el tiempo** (la urbanización tiende a concentrar la riqueza en un territorio limitado).

La vulnerabilidad de un territorio puede ser vista como sistémica en el sentido de **que no se puede resumir en la suma de los bienes en juego que se encuentran dentro de ese territorio**. Este enfoque tiene la ventaja de **considerar el impacto indirecto en zonas no inundadas pero cuyo funcionamiento puede verse perturbado debido a la incidencia de una amenaza que luego se convierte en desastre**. El ejemplo clásico es el de una empresa vulnerable a las crecientes de un río debido al impacto en sus vías de acceso, aun cuando la empresa en sí no se inunde: la inundación ya no permite la entrada de materias primas necesarias para su funcionamiento, ni el acceso de sus empleados, de modo que podemos considerar que esta planta es vulnerable a las inundaciones. Esta situación ilustra el hecho de que la vulnerabilidad debe aprehenderse a nivel territorial que no se limita estrictamente a la influencia geográfica de la crecida (la amenaza). El interés es también de poner de relieve **las posibilidades de solidaridad** organizadas a un nivel territorial adecuado para llevar el riesgo a un nivel colectivamente más aceptable.

La vulnerabilidad en términos de riesgo natural ha sido objeto de muchas definiciones en los últimos años. A medida que avanzan las reflexiones y análisis, el concepto se vuelve cada vez más complejo y amplio para avanzar hacia una **vulnerabilidad "global" y multidimensional** que incorpora no solo las propiedades físicas, sino también sociales, económicas, ambientales e institucionales. La vulnerabilidad también abarca la capacidad de adaptación, las respuestas e interacciones con los trastornos y los estreses. Este carácter multidimensional puede ser simbolizado por la imagen del diamante (figura al lado), aunque siga siendo objeto de debate en la literatura mundial. (Quenault et al., 2011). Asimismo, tiene el defecto de que no representa adecuadamente los diferentes niveles de intrincación de la vulnerabilidad desde la persona/la



**Figura 5: Analogía del diamante para simbolizan el carácter polifacético de la vulnerabilidad, adaptada de Quenault et al. 2011**

parcela hasta la sociedad/la comunidad/el territorio. Esto limita su uso operativo.

Teniendo en cuenta este enfoque multidimensional de la vulnerabilidad, **los países en desarrollo son susceptibles de tener una vulnerabilidad global significativamente mayor que la de otros países para el mismo nivel de riesgo**, debido a las deficiencias en algunos aspectos, especialmente económicos, organizacionales e institucionales, que limitan su resiliencia y por ende su capacidad de recuperarse de crisis importantes. Sin embargo, **los daños generados por las inundaciones en los países desarrollados pueden ser mayores que en los países en desarrollo**. Según este criterio, los países desarrollados son en realidad más vulnerables pero compensan esta situación con una mejor prevención y gestión de riesgos.

#### *El crecimiento urbano como agravante de la vulnerabilidad*

La urbanización tiene una influencia directa sobre el riesgo de inundación, en particular: (Floater et al., 2014)

- **El problema del dimensionamiento de las obras de saneamiento o de gestión de aguas pluviales, en función de las necesidades.** Las infraestructuras que fueron nuevamente construidas a menudo ya están obsoletas a causa de la dinámica del crecimiento urbano, que no pudo ser prevista cuando se diseñaron las obras.
- **La aplicación en las ciudades en crecimiento de los métodos o normas que son eficaces en las ciudades desarrolladas es limitada** (por ejemplo en materia de gestión del uso de los suelos), a raíz del crecimiento urbano a menudo informal y debido a una gobernanza a frecuentemente débil (falta de control).
- **El problema del financiamiento de infraestructuras o de las políticas de gestión del riesgo de inundación.** Se acaparan los principales recursos financieros para responder al crecimiento de la ciudad, para asegurar servicios esenciales como el suministro de electricidad y agua potable, el desarrollo de la red de transporte y el desarrollo económico. Así, el desarrollo de la ciudad no significa que aumentan los recursos disponibles para el riesgo de inundación a menos que el nivel de riqueza y de Gobernanza lo permitan.

#### *Otros agravantes de la vulnerabilidad*

El enfoque multidimensional de la vulnerabilidad pone de relieve el papel de las instituciones en la vulnerabilidad de un territorio o población. Hay muchos factores humanos susceptibles de generar una mayor vulnerabilidad, especialmente:

- **Una mala gobernanza** que puede reflejarse, por ejemplo, en la falta de una institución referente en materia de inundaciones, o al contrario, un sinnúmero de instituciones involucradas cuyas misiones y perímetros de acción no son claros, lo que complica su coordinación;
- **Poco o ningún control sobre la planificación del uso del suelo**, la política de vivienda de modo que se da una urbanización descontrolada, especialmente la construcción de viviendas (formales o informales) en zonas inundables.

Dentro de una misma sociedad, algunos grupos de personas también serán más vulnerables que otros. Las poblaciones pobres están sobreexpuestas a las inundaciones en los países en desarrollo (porque a menudo se instalan en zonas de alto riesgo) donde la probabilidad de ser víctimas es 50 % mayor que para el resto de la población (Hallegatte et al., 2017). Estas personas tienen menos capacidad para enfrentar un desastre y recuperarse del mismo, ya que a menudo no tienen los medios para protegerse (sus viviendas frecuentemente son de construcción básica y particularmente vulnerables a las inundaciones), y sus posibilidades financieras no necesariamente les permiten reparar o reemplazar los bienes dañados o destruidos (aunque, en términos de valor monetario, los pobres tienen menos que perder que los ricos) ni de reasentarse después de un desastre. Las personas mayores, los niños pequeños y las personas con discapacidad son particularmente vulnerables debido a su falta de movilidad, de independencia y a su debilidad física.

#### **Recuadro 1: ¿Cuál es el vínculo entre el desarrollo y la vulnerabilidad?**

El análisis de los desastres naturales, tanto en los países en desarrollo (Thouret y Leone, 2003) como en los países desarrollados (Townsend, 2006) muestra que "la vulnerabilidad no es la estricta función inversa del grado de desarrollo económico" (Leone & Vinet, 2011): los bienes en juego y los daños potenciales asociados con las inundaciones son más importantes en los países desarrollados, pero la situación de riesgo en sí se controla mejor y por lo tanto el riesgo es menor. De este modo **el desarrollo económico y la riqueza influyen en la vulnerabilidad en dos direcciones opuestas**: por un lado, pueden permitir que un país desarrolle herramientas de predicción o de conocimiento de los riesgos de inundación (reducción de la vulnerabilidad y mejora de la gestión de crisis), pero, por otro lado, implican que hay mayores intereses en juego, potencialmente ubicados en una zona de inundación (aumento de la vulnerabilidad).

Las inundaciones de Port Louis en la isla Mauricio en marzo de 2013 son un buen ejemplo de ello: el desarrollo continuo de la isla ha generado, contradictoriamente, mayores recursos técnicos de respuesta, pero también ha incrementado los intereses en juego en las áreas con amenaza de inundación, de modo que se vuelven zonas de riesgo, y probablemente hay una reducción de la conciencia colectiva de riesgo. Así, el desarrollo relativamente reciente de la isla ha dado lugar no a la desaparición, sino a un cambio en los riesgos, que se vuelven sistémicos y estructuralmente más difíciles de entender. (Asconit, 2013)

## 2. La amenaza de inundación

Para determinar la amenaza, es decir, identificar las áreas propensas a las inundaciones y evaluar el período de retorno asociado con el anegamiento, la altura, la duración del anegamiento y la velocidad de la corriente, es necesario analizar varias características de la cuenca hidrográfica.

El régimen de lluvias, el uso del suelo y la vegetación influyen en la formación de la escorrentía, mientras que las características físicas, topológicas, topográficas y geológicas impactan en la concentración de los flujos. Una vez que el agua ha llegado a un cauce, los flujos se rigen principalmente por la morfología de los cauces y las leyes de la hidráulica. Los conceptos claves de la génesis de la amenaza se describen en el anexo.

**Recuadro 2: Períodos de retorno y frecuencia de las crecidas**

Cruce		Risque de voir la crue caractéristique atteinte ou dépassée au moins une fois		
Fréquence	Période de retour	Sur un an	Sur 30 ans	Sur 100 ans
Décennale 0,1	10 ans	10% 1 « chance » sur 10	96% Soit presque sûrement une fois	99,99% Soit sûrement une fois
Trentennale 0,03	30 ans	3,3% 1 « chance » sur 30	64% Soit 2 « chances » sur 3	97% Soit presque sûrement une fois
Centennale 0,01	100 ans	1% 1 « chance » sur 100	26% Soit 1 « chance » sur 4	63% Soit 2 « chances » sur 3
Millennale 0,001	1000 ans	0,1% 1 « chance » sur 1000	3% Soit 1 « chance » sur 33	10% Soit 1 « chance » sur 10

**El período de retorno de una crecida se define como la inversa de su probabilidad anual de desbordamiento** (cuadro aquí arriba) (Ledoux, 2006). Este es a menudo diferente del período de retorno del episodio lluvioso que la generó, en la medida en que depende no solo del episodio lluvioso, sino

también de las características de la cuenca hidrográfica, las características de la corriente de agua y de las condiciones meteorológicas anteriores al episodio lluvioso.

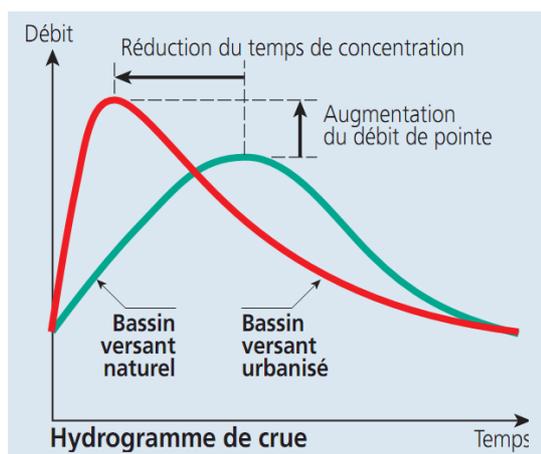
El período de retorno de una crecida observada se define para un lugar específico: una misma crecida puede tener un período de retorno de 10 años en un punto y 100 años en un punto aguas abajo. Puede ser diferente en función de si se analiza el volumen de flujo o el caudal instantáneo máximo. Por último, cualquier ordenamiento debe considerar todo el conjunto de posibilidades definidas por el régimen de crecidas. Por lo tanto, es este último el que debemos tratar de entender.

### *Dos tipos principales de inundación: las escorrentías y las crecidas fluviales*

Las inundaciones de tipo **escorrentía** resultan del flujo debido a la urbanización que conlleva una artificialización de los suelos (carreteras, edificios, estacionamientos) y que reduce la infiltración del agua. Para las cuencas más pequeñas (del orden de  $\text{km}^2$  - más allá de  $100 \text{ km}^2$ , el impacto es difícil de medir), esto se traduce gráficamente en el hidrograma de crecida por el aumento del caudal máximo y por la reducción del tiempo de concentración (Figura 6).

El agua, al no poder infiltrarse, fluye en los sistemas de alcantarillado (si existen y si es que ya no están saturados), y directamente en la superficie para los eventos más raros y se acumula en los puntos bajos. Los tiempos de anticipación para este tipo de inundación son muy cortos (1 a 2 horas).

Las **inundaciones de planicies** o **las crecidas fluviales** resultan del desbordamiento de un río de su lecho normal o menor para alcanzar su lecho mayor. Este tipo de inundación se caracteriza por una subida de las aguas y un retroceso bastante lento. El anegamiento puede durar entre varios días y varias semanas o incluso meses. Los daños son causados principalmente en función



**Figura 6: Ilustración de la influencia de la urbanización en el hidrograma de crecida (MEDDE France, 2004)**

de la altura y del tiempo de anegamiento. La repetición de los episodios lluviosos puede ser un factor determinante en este tipo de inundación: en los primeros eventos la lluvia se infiltra en la tierra seca, sin dar lugar a una respuesta significativa del río en términos de caudal. La lluvia de los últimos episodios escurre totalmente sobre el suelo saturado de agua y provoca la crecida del río. El tiempo de anticipación para este tipo de inundaciones es mayor (de horas a unos pocos días según el tamaño de la cuenca afectada).

En las zonas montañosas o de pie de monte y en cuencas hidrográficas pequeñas a medianas (de decenas a cientos de km<sup>2</sup>) con un alto relieve, las inundaciones por desbordamiento de río pueden ser caracterizadas **como repentinas (riadas) cuando la concentración rápida de aguas producto de la intensa lluvia provocan flujos e inundaciones extremadamente brutales**. La fuerza de la corriente también genera un transporte sólido de materiales (tales como ramas, pero también materiales mucho más pesados y voluminosos como automóviles), lo cual aumenta el riesgo de lesiones y daños materiales que pueden perturbar los flujos.

#### *El cambio climático como agravante de la amenaza*

Muchos de los impactos vinculados directa o indirectamente con el cambio climático **podrían cambiar la amenaza de inundación** (Quenault et al, 2011):

1. **El cambio en las características de la pluviometría, particularmente la intensidad de las precipitaciones y la modificación de la ley de probabilidad de los episodios excepcionales.** Por lo tanto, incluso en las regiones para las que se espera una reducción de la precipitación total anual, un aumento en la frecuencia e intensidad de los episodios de lluvia intensos puede aumentar el riesgo. Es importante recordar que **las proyecciones de precipitación son más inciertas que las de la temperatura** debido a la complejidad de los fenómenos en juego;
2. **El aumento de las temperaturas que conlleva un aceleramiento del deshielo y por lo tanto un aumento del flujo de agua en los ríos,** puede incrementar la generación de inundaciones a lo largo de ríos de régimen nival o glacial como en la Patagonia chilena;

### *Otros agravantes de la amenaza*

Más allá de las características específicas de la cuenca, **los factores humanos o meteorológicos pueden agravar esta amenaza**. La antropización del lecho de ríos (que incluye, por ejemplo la ruptura de los meandros, la supresión de los humedales, la construcción de puentes o conductos) cambia el flujo en el lecho mayor, incluso en el menor, y por lo tanto la propagación de la onda de la crecida. Por ejemplo, la ruptura de meandros de una corriente de agua se traduce en un aumento de la pendiente y por lo tanto mayor velocidad y transporte de sedimentos. La dimensión temporal en relación con la sucesión o combinación de episodios es particularmente importante para el riesgo de inundación. Así, la acumulación de episodios de lluvia puede causar la saturación gradual de la tierra, lo que finalmente da lugar a una inundación debido a la acumulación de caudales instantáneos promedio (por ejemplo, en Pikine en las afueras de Dakar): de modo **que no necesariamente el episodio de lluvia más grande será el causante de la inundación**.

Por último, los desechos y los residuos arrastrados por las aguas de la crecida pueden acumularse hasta obstaculizar el flujo de agua (fenómeno de presa). La rotura de estas barreras naturales (desfogue o rotura de presa) modificará la manifestación de la amenaza en la medida en que, por un lado, esta liberación importante de energía puede agravar los daños de la inundación, y por el otro lado, se transportan los desechos que pueden por sí mismos herir o dañar a los transeúntes. Este tipo de fenómenos son particularmente importantes en los países en desarrollo, debido a la poca o nula recolección de residuos.

### **3. Un nivel territorial que debe adecuarse**

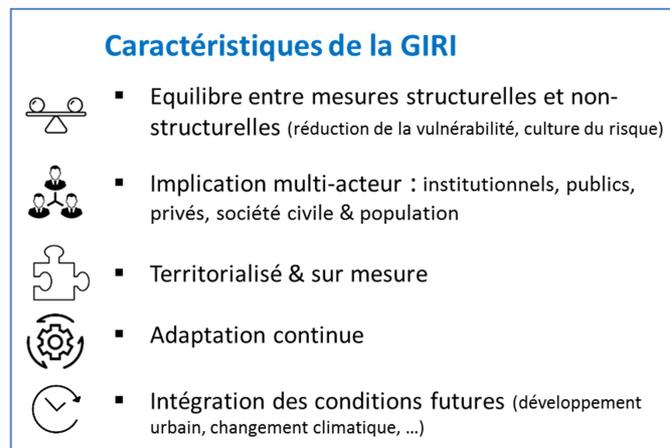
El diagnóstico del riesgo de inundación implica la identificación del nivel territorial pertinente. **El perímetro de análisis y de acción para limitar el (los) riesgo(s) de inundación varía no solo según el peligro considerado, sino también en función de los bienes en juego y su vulnerabilidad**, a fin de incorporar tanto los intereses directamente afectados (ubicados en una zona inundable) como aquellos indirectamente afectados (situados fuera de las zonas inundables pero cuyo funcionamiento se verá impactado por las inundaciones, por ejemplo, inaccesibilidad al sitio o un corte de energía).

Asimismo, el análisis de la zona urbana en sí puede ser suficiente para las inundaciones de tipo escorrentía, que dependen de lluvias muy localizadas en

cuencas hidrográficas restringidas. Por lo contrario, se debe tener en cuenta toda la cuenca hidrográfica para las inundaciones causadas por crecida fluvial: el área de estudio debe incluir una sucesión de zonas urbanas y rurales, con el fin de entender mejor el fenómeno de inundación y actuar sobre el conjunto de los factores responsables.

## II. Hacia una gestión integrada del riesgo de inundación

Como se destacó anteriormente, el riesgo de inundación es estructuralmente sistémico y propenso a cambiar con el tiempo, dependiendo en particular de las condiciones climáticas, geomorfológicas, antrópicas y socioeconómicas. Por lo tanto, no hay una única respuesta a este riesgo; más bien, debe adaptarse a las condiciones locales y ser parte de un proceso de actualización continua.



**La gestión integrada del riesgo de inundación (GIRI) es una respuesta global al riesgo de inundación** mediante la asociación del conocimiento y la gestión de la amenaza, de la reducción de la vulnerabilidad pero también de un enfoque en función de la cuenca hidrográfica, la voluntad política, la coordinación e integración de todos los actores implicados. Incorpora una dinámica de relacionamiento de los diferentes componentes de riesgo y de las partes interesadas (entre ellas las instituciones, el sector privado y la sociedad civil).

El valor de un enfoque integral del riesgo de inundación está creciendo. De hecho, **las medidas tradicionales para luchar contra las inundaciones solamente mediante la construcción de obras de protección han llegado a sus límites en muchos casos:** Por un lado, al quedar demostrado el fracaso recurrente de estas medidas por sí solas frente a las amenazas excepcionales que siguen afectando incluso a los países desarrollados a pesar de las considerables inversiones realizadas. Por otro lado, ante la toma de conciencia de la necesidad de desarrollar una cultura del riesgo de inundación que integre la concientización y la comunicación, la modificación de la planificación,

medidas no estructurales y la gestión de crisis, incluso en zonas que se consideran como protegidas.

Se han puesto en marcha varios enfoques operativos relativos a la gestión integrada del riesgo de inundación, sobre todo en los países desarrollados. Uno de ellos, que tomamos como referencia en esta nota técnica, tiene en cuenta **tres componentes de una política de gestión del riesgo de inundación, que son complementarios e interconectados: la prevención, la preparación y la cultura del riesgo.** Otros enfoques integrales de gestión de riesgo de inundación se presentan en detalle en el anexo.

### 1. **La prevención del riesgo de inundación en el centro de la limitación de los daños**

La prevención del riesgo de inundación consiste en **organizar el territorio con el fin de anticipar la incidencia de inundaciones mucho tiempo antes de la crisis, limitar los daños y promover la resiliencia.**

La prevención agrupa entonces diversas acciones, tanto en términos de **gestión racional del uso de suelos**, como de **reducción de la vulnerabilidad y protección de la población.** Su objetivo es el siguiente: (Doussin, 2009)

- Limitar la urbanización en zonas inundables,
- Gestionar el uso del suelo para evitar el aumento de la escorrentía y preservar las áreas de expansión de la crecida,
- Reducir la vulnerabilidad de los intereses expuestos,
- Proteger los bienes en juego y las personas mediante la inversión en obras dedicadas,
- Hacerle mantenimiento a las obras existentes.

Por lo tanto, requiere un buen conocimiento de las zonas inundables y el mejoramiento continuo del conocimiento y de la comprensión de la amenaza de inundación, basada en parte en la adquisición de datos hidrológicos a largo plazo.

El enfoque de la prevención del riesgo de inundación también significa cuestionar **el desarrollo del territorio a largo plazo**, con el fin de integrar en las reflexiones y acciones llevadas a cabo, el crecimiento demográfico, el desarrollo económico del territorio y los eventuales impactos del cambio climático.

Tal enfoque debe construirse con base en la definición de lo que es un nivel de riesgo aceptable, reconociendo la imposibilidad de protegerse de los

acontecimientos más extremos, para los que recurriremos a las medidas con los siguientes componentes.

## 2. Preparación sobre la gestión de crisis para facilitar la reacción ante una inundación

Este componente tiene como objetivo de **fortalecer el estado de preparación para las inundaciones**, para promover lo siguiente:

- **La anticipación y eficacia de las acciones** para garantizar la seguridad de personas y bienes en juego. La gestión de crisis incluye tanto la advertencia e intervención de los servicios de emergencia como la coordinación entre estos distintos servicios, el despliegue de medios de intervención, las capacidades de comunicación, etc.
- **Un regreso rápido a la normalidad** de los servicios (agua potable, saneamiento, energía, transporte, etc.), de las actividades y de las condiciones de vida de las poblaciones afectadas. Este componente permite evitar que una gran inundación se convierta en un desastre;
- **Un mejoramiento continuo** basándose en los acontecimientos del pasado, para no repetir los mismos errores y llenar los vacíos identificados. Además, los desastres pasados a escala mundial han demostrado que la reconstrucción después de un desastre es una oportunidad crítica para **reconstruir de manera mejor y fomentar la resiliencia de los territorios (UNISDR, 2015)**.

Si bien la prevención del riesgo de inundación se aplica a nivel de toda la cuenca hidrográfica, es importante centrar la preparación (integrando tanto la predicción como la gestión de crisis) en las áreas prioritarias en las que se concentra la vulnerabilidad.

## 3. La cultura del riesgo, un requisito previo para el éxito operativo de una gestión integrada de las inundaciones

La aplicación en el campo del concepto de gestión integrada de las inundaciones no siempre se conforma con la estrategia prevista en teoría. **Para lograr esto, es necesario fortalecer la cultura del riesgo hasta que todas las partes interesadas** —no solo las instituciones públicas y privadas sino también la sociedad civil y la población— tomen conciencia de la importancia de tratar estos temas, sobre todo en los países en desarrollo. Así, la voluntad de las partes interesadas es, de hecho, más importante que la forma en que se define la gestión integrada del riesgo de inundación. La cultura del riesgo es de suma importancia, ya que permite lo siguiente: (CEPRI) (Doussin, 2009)

- **Reducir la sensación general de angustia y ansiedad** durante las inundaciones;
- **Adaptar la conducta de las poblaciones**, lo cual puede reducir las consecuencias negativas de las inundaciones;
- **Asegurar una buena eficacia de los sistemas de gestión del riesgo** (medidas de prevención, preparación, supervisión, alerta y gestión de crisis).

La cultura del riesgo pasa por diferentes niveles de apropiación por parte de la población de las informaciones comunicadas: (CEPRI)

1. **El conocimiento del riesgo.** La información sobre el riesgo interpretada correctamente lleva a un estado de conocimiento del riesgo en la población. Sin embargo, conocer el riesgo no implica sentirse directamente afectado por ese riesgo.
2. **La toma de conciencia del riesgo.** Se caracteriza por la apropiación personal de la información del riesgo. Tomar conciencia de los riesgos de inundación significa considerarlo como un acontecimiento que puede afectar la esfera personal o colectiva (es aún más presente en personas que han vivido inundaciones). Sin embargo, tomar conciencia de lo que es el riesgo para uno mismo o para un grupo no necesariamente conduce a un comportamiento adecuado para protegerse contra ese riesgo.
3. **La aceptación del riesgo.** Lleva a la gente a solicitar más información, incluyendo información específica sobre el aspecto operativo, como, por ejemplo, los medios para informarse en caso de alerta. Es necesaria para iniciar un cambio real en el comportamiento de los individuos.
4. **La adaptación de los comportamientos al riesgo.** Pueden inscribirse en tres fases distintas: antes del acontecimiento (la reducción de la vulnerabilidad), en el momento de la crisis (respuesta apropiada para mitigar el impacto de la inundación) y después de la crisis (facilita el regreso a la normalidad).



**Figura 8 Ilustración de la importancia de los comportamientos adecuados ante el riesgo de inundación (CEPRI)**

# La implementación de una prevención eficaz del riesgo de inundación

---

## I. Las herramientas de reducción de la vulnerabilidad

La reducción de la vulnerabilidad de un territorio es un componente esencial de la prevención del riesgo de inundación. Tiene la ventaja de que puede ponerse en práctica con una menor inversión, en comparación con las medidas estructurales (tales como represas, tanques de almacenamiento y sistemas de drenaje de aguas pluviales). Sin embargo, **la organización institucional es un requisito previo**, en particular la cooperación de las instituciones implicadas, la capacidad de las instituciones de hacer cumplir los procedimientos establecidos, y la adecuación de las competencias del personal con las herramientas implementadas. Por otra parte, la sostenibilidad de su implementación involucra recursos técnicos, financieros, organizacionales, e institucionales en el tiempo, lo cual puede generar altos costos a nivel global.

Es posible identificar tres grandes familias de herramientas de reducción de vulnerabilidad de los bienes en juego, cada una con medidas no estructurales. Se presentan en detalle en las siguientes secciones.

### 1. La identificación de los bienes en juego

La identificación de los bienes en juego consiste en formalizar el conocimiento del uso de los suelos, con el fin de identificar las áreas más vulnerables a las inundaciones y caracterizar estas vulnerabilidades. El objetivo final de este enfoque es por una parte, **determinar las áreas de acción prioritaria**, y por otra, **dar una respuesta en materia de reducción de la vulnerabilidad adaptada al entorno local y las especificidades del territorio**.

Entre las herramientas disponibles para llevar a cabo este trabajo, podemos mencionar en particular:

- **El análisis de imágenes satelitales:** disponibles en la mayoría de los países, estas imágenes permiten identificar someramente el uso de los suelos y en particular, distinguir las zonas urbanizadas de las que no son urbanizadas. Pueden proporcionar información inicial sobre los tipos de construcciones.
- **Las visitas de campo:** Realizar una visita del lugar es necesario para analizar en detalle la vulnerabilidad de un territorio. La información recopilada, como la tipología de las construcciones, los materiales de

construcción utilizados generalmente, el número de pisos, la elevación de la planta baja, son todos elementos indispensables. La verificación de la representatividad de las áreas visitadas a escala del territorio de estudio e incluso un breve entrenamiento de las personas encargadas, son condiciones necesarias para un buen uso de los datos recopilados.

- **Las encuestas a la población local y/o cartografía participativa:** estos pasos parten de la base de que las comunidades locales tienen un buen conocimiento del terreno, y por lo tanto están en una mejor posición para informar sobre los problemas locales. Aplicado a la problemática del riesgo de inundación en los países en desarrollo, el uso de la información recopilada permite, entre otras cosas, ayudar a evaluar los daños generados por una inundación e identificar las zonas más vulnerables. Los datos permiten de este modo mejorar concretamente el conocimiento del riesgo en el territorio.

La cartografía participativa va más allá de simples encuestas en el sentido en que consiste a confiarle a una comunidad de personas (por ejemplo, agrupación de miembros de la sociedad civil, ONG, estudiantes, miembros de los gobiernos locales) el desarrollo de una cartografía sobre un tema dado.

Estas iniciativas (encuestas y cartografía participativa) deben ser vistas como herramientas que complementan las visitas de campo, pero no pueden sustituirlas ya que se necesitan estas visitas para comprobar la fiabilidad de los datos recopilados de la comunidad local.

- **Los Sistemas de Información Geográfica (SIG):** la síntesis de la información recopilada en un SIG permite generar todo tipo de mapas relacionados con la vulnerabilidad, que a continuación se cruzarán con información sobre la amenaza para analizar el riesgo de inundación.

Más allá de los límites relacionados con la manipulación de las herramientas (recursos materiales — computadores, electricidad, programas SIG— y las necesidades de habilidades con los SIG), **la identificación de los bienes en juego necesita ser actualizada periódicamente para tener en cuenta los cambios en el territorio.**

## 2. La planificación urbana y la gestión del uso de suelos

Las políticas de ordenamiento territorial, por su interacción en el territorio, pueden ayudar a reducir el riesgo de inundación. **La planificación urbana debe ayudar a las ciudades a anticipar la incidencia de inundaciones mucho antes de las situaciones de crisis y a controlar mejor su crecimiento y la racionalización de sus servicios** (transporte, energía, desechos, agua potable, saneamiento, etc.) para la implementación de los planes maestros y los planes de ordenamiento urbano. **La integración de las proyecciones de desarrollo territorial es fundamental en este proceso** (a nivel demográfico y económico).

La gestión del uso del suelo debe organizarse de la siguiente manera:

- Las zonas con bienes en juego y vulnerables (esencialmente, urbanas) para permitir, si es posible, que se extiendan las aguas de la crecida a pesar del desarrollo urbano;
- Las zonas semiurbanas o agrícolas para frenar las escorrentías y nivelar las inundaciones.

Las posibles medidas están asociadas con los bienes existentes y futuros resultantes del crecimiento urbano en el país, y consisten por ejemplo: (Doussin, 2009)

- **Restringir o prohibir nuevos desarrollos en las zonas inundables.** Estas medidas pueden repercutir en los ámbitos sociales y económicos (problema de la renovación de la población, debilitamiento económico de los territorios, etc.).
- **Mejorar el ordenamiento de las zonas río arriba de las cuencas.** Por ejemplo, mediante la limitación de la impermeabilización del suelo o la adaptación de las prácticas agrícolas (por ejemplo, la delimitación de parcelas por setos transversales). Numerosos estudios científicos han demostrado que la gestión del uso del suelo en las cuencas hidrológicas es eficaz para las crecidas muy frecuentes (período de retorno aproximado de hasta 25 años). Más allá, los efectos son menores e incluso nulos.
- **Suprimir los bienes vulnerables.** Estas medidas son muy difíciles de poner en práctica: las personas que se instalan en zonas de riesgo generalmente lo hacen porque estas zonas son las únicas accesibles de un punto de vista predial. La respuesta a dar debe inscribirse en el marco más general de la política de ayuda para la vivienda: la reubicación de familias en viviendas ilegales debe darles alternativas, y la vivienda ilegal debe ser destruida inmediatamente para no dejarle la oportunidad a otra familia que se instale. Estas acciones se organizan en un marco de concertación con las poblaciones y con la participación de las asociaciones o representaciones de barrios que pueden

sensibilizar a las poblaciones sobre los riesgos inducidos y que trabajan para que la reubicación sea aceptable.

El reto para los países en desarrollo en términos de planificación es doble. Por un lado, es necesario poder confiar en un catastro y en reglas de propiedad predial bien definidas, así como en medidas de control eficaces y disuasorias por parte de las autoridades de urbanismo. Por otro lado, existe a menudo una insuficiencia y dificultad de acceso a los datos de proyecciones de desarrollo demográfico y económico. Los últimos censos de población son fuentes de información útiles para identificar y cuantificar las tendencias evolutivas.

### 3. **La reducción de las vulnerabilidades de las construcciones**

**La disminución de las vulnerabilidades de las construcciones busca reducir el daño generado por la intrusión de las aguas, y si es posible, limitar su intrusión.**

Se ilustra en particular, con **la aplicación de normas de construcción** para nuevas edificaciones, o la reconstrucción o renovación de edificaciones existentes. Por ejemplo, pueden requerir una elevación mínima de la planta baja, que se edifique sobre pilotes, que se construya al menos un piso o definir el tipo de material de construcción que debe utilizarse. Estas normas deben adaptarse a las características de la amenaza del territorio considerado y al contexto local (por ejemplo, teniendo en cuenta las redes de suministro y la disponibilidad de los materiales de construcción recomendados). Al igual que antes, la dificultad de este tipo de medidas radica en la perennidad de su implementación y el desafío de su cumplimiento por parte de la población.

## II. **Las herramientas de gestión de amenazas**

### 1. **El conocimiento de la amenaza**

El conocimiento de la amenaza tiene por objetivo:

- Identificar las zonas inundables para diferentes periodos de retorno, incluso las inundaciones excepcionales para las cuales las zonas inundadas son poco conocidas o incluso desconocidas en los países en desarrollo;
- Caracterizar las inundaciones en términos de velocidad de la corriente, altura y duración de la inundación.

Una mejor comprensión de los fenómenos de inundación y sus características es un **requisito previo fundamental para adaptar las respuestas**

destinadas a limitar el riesgo de inundación. Este conocimiento permite identificar las medidas pertinentes para reducir la vulnerabilidad del territorio y dimensionar correctamente las obras de protección. Por ejemplo, la edificación de viviendas sobre pilotes solo es pertinente en zonas que se inundan con frecuencia, con poca corriente, incluso con agua estancada.

Las herramientas disponibles para mejorar el conocimiento de la amenaza a nivel de un territorio comprenden en particular:

- **El Modelo Digital de Terreno (MDT)**: se trata de una representación del relieve de una zona, en donde se indica la elevación de varios puntos de una red seleccionada (más o menos precisa según sea necesario). En materia de riesgo de inundación, el conocimiento de la topografía permite identificar áreas propensas a las inundaciones a partir del conocimiento de una altura de anegamiento dada (resultante de un modelo hidráulico, por ejemplo). En las zonas de inundación, es preferible que se determine con precisión de  $\pm 20$  cm.

Si un MDT no está disponible directamente para un territorio determinado (o si no es suficientemente detallado), se puede estudiar la topografía a partir del análisis de imágenes de satélite en alta definición, o mediante el uso de medios sensores transportados por avión o helicóptero de tipo LIDAR (que utilizan la luz para medir distancias).

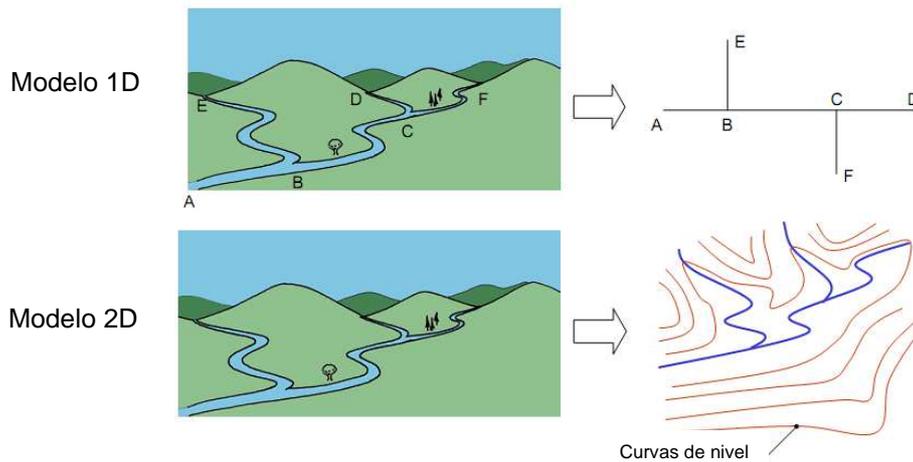
- **Las herramientas de medición pluviométrica e hidrológica en tierra**: estas herramientas también usadas para apoyar la predicción de fenómenos de inundación (véase el capítulo siguiente sobre la preparación), permiten recopilar una gran cantidad de datos locales sobre la amenaza de inundación, en particular: las láminas de agua precipitadas, los caudales y los niveles de agua de los ríos. Hay diferentes tipos de dispositivos, en particular:
  - **Los pluviómetros**, o pluviógrafos, que recolectan las precipitaciones en un recipiente colector, lo que permite medir la lámina de agua precipitada por unidad de superficie en un intervalo de tiempo.
  - **Los limnímetros**, que tienen la forma de una escala graduada colocada verticalmente o inclinada, que permiten leer la profundidad del agua de un corriente de agua, a veces acoplados a dispositivos que toman la medida automáticamente.

Para ser fiables, estas herramientas de medición deben ser colocadas en lugares representativos de los fenómenos locales y la frecuencia de muestreo de datos debe ser suficiente para hacerle seguimiento a los fenómenos a lo largo de su incidencia (lluvia o crecida). Sin embargo, cabe señalar que estos dispositivos a menudo fallan o son inaccesibles durante los acontecimientos extremos.

Es posible que algunos dispositivos hayan sido instalados desde hace décadas, de modo que proporcionan una base de datos histórica que, después del procesamiento estadístico, permite construir lo siguiente:

- **curvas IDF (Curva de intensidad-duración-frecuencia).** Son curvas que ilustran gráfica y sintéticamente el régimen pluviométrico en un punto dado al establecer la relación entre la intensidad, duración y frecuencia de las lluvias. Se utilizan en particular para estimar el escurrimiento de un tipo determinado de lluvia y para el dimensionamiento de obras. Estas curvas existen en muchos países en desarrollo, pero a menudo fueron construidas antes de 1980 por el ORSTOM u organismos equivalentes. Siempre es útil actualizarlas incorporando los últimos registros de mediciones.
  - **lluvias de proyecto:** se trata de episodios de lluvia artificial representativos del territorio analizado para los cuales se conoce el período de retorno. Las lluvias de proyecto se utilizan en entrada de los modelos hidráulicos, pero tienen la desventaja de no representar toda la gama de posibilidades.
  - **curvas QdF (caudal-duración-frecuencia).** Estas curvas sintetizan el régimen hidrológico de las corrientes de aguas y las estadísticas resultantes de los procesos de transformación del régimen de lluvias sobre una cuenca hidrográfica en régimen de caudales en un río.
- **El modelo de simulación hidráulica:** permite analizar la propagación de las crecientes en la red hidráulica y caracterizar, en términos de altura de anegamiento y de velocidad de caudal los posibles desbordamientos. Para ser fiables, los modelos deben ser calibrados, por ejemplo, a partir del historial de los caudales o alturas del agua y de las marcas del nivel de las crecidas.

Hay modelos conocidos como "1D" (1 dimensión modelada) que se usan más frecuentemente ya que son más sencillos de implementar (y que requieren menos datos geométricos y topográficos) que los modelos "2D" (2 dimensiones modeladas) (Figura 9). Un modelo 1D calcula que la velocidad del caudal es la misma a lo largo de toda la sección húmeda de este último. En las simulaciones donde los flujos en el lecho mayor son mucho más lentos y tienen diferentes direcciones que los del lecho menor, hay modelos 1D complementados por registros laterales o modelos 2D que son más difíciles de calibrar. Estos modelos 2D se usan principalmente para estudiar con más detalle los fenómenos de inundación en una llanura inundable y con fines pedagógicos (ya que son dinámicos) para ver los resultados.



**Figura 9: Ilustración de un modelo 1D (parte superior) y un modelo 2D (parte inferior) (Guinot, 2003)**

- **El conocimiento informal de la población y de los actores locales involucrados:** como para la identificación de los bienes en juego, la población local es también una fuente de información sobre el conocimiento de la amenaza, en particular con relación a: la altura máxima de la inundación, la duración aproximada de la inundación y una evaluación cualitativa de las corrientes. Sin embargo, este enfoque está limitado por la memoria de la población: si hubo recientemente una inundación, la gente será capaz de aportar elementos de información relativamente fiables, lo cual no será necesariamente en el caso de inundaciones que sucedieron hace varios años. Además, es esencial combinar este enfoque con el uso de otras herramientas mencionadas anteriormente, con el fin de verificar la información recopilada.
- **Los sistemas de información geográfica (SIG):** son herramientas de representación cartográfica que facilitan la presentación de los resultados de los análisis de la amenaza y de la vulnerabilidad en un territorio determinado.

### **Recuadro 3: Las proyecciones climáticas y su integración en las herramientas de gestión de riesgos de inundación**

El estudio del cambio climático se basa en la modelación del sistema terrestre, a través de modelos climáticos. Las principales incertidumbres de estos modelos se relacionan con: (MétéoFrance)

1. **Los límites de nuestro conocimiento científico de los fenómenos que están en juego:** diferentes componentes del clima y sus interacciones están incluidos en los modelos, pero algunos procesos siguen siendo complejos de modelar, especialmente las nubes (GIEC, 2013). En general, las precipitaciones no se modelan tan bien como los cambios en la temperatura promedio. Con todo, en su último informe el IPCC insiste en la **mejora de los modelos climáticos mundiales y regionales**, gracias a la introducción de procesos adicionales (tales como el ciclo del carbono, la capa de hielo y las interacciones entre la química y el clima), y a una red más densa (en 2013, del orden de 150 kilómetros para los modelos globales y 25 km para los modelos regionales) (MétéoFrance).

2. Las incertidumbres socioeconómicas sobre el comportamiento de las sociedades y las decisiones de las sociedades (decisiones políticas): con el tiempo, estas tienden a aumentar en el horizonte temporal de modelación.

A pesar de estas incertidumbres, **los resultados de los modelos climáticos permiten extraer tendencias de cambio climático**. El IPCC también destaca **el valor agregado de los modelos regionales**, frente a los modelos globales, **en particular en áreas influenciadas por la topografía, por fenómenos rápidos y/o localizados**.

La capacidad predictiva a nivel local sigue envuelta de incertidumbre y los impactos sobre el régimen de las corrientes de agua se ve ocultado en gran parte por la incertidumbre del conocimiento mismo de estos regímenes. Parece difícil traducir sus resultados y tendencias en datos de entrada cuantificados y precisos (tales como el aumento de la frecuencia de una lluvia dada), que son necesarios para las herramientas de gestión del riesgo de inundación como el Análisis Costo-Beneficio o ACB (véase el Recuadro 4). Para esta herramienta, puede ser por ejemplo muy interesante realizar una prueba de sensibilidad, postulando supuestos de maximización y minimización en el aumento de la frecuencia de una lluvia dada, con el fin de evaluar la influencia de este cambio sobre resultados del ACB.

## 2. Las medidas estructurales de protección contra inundaciones

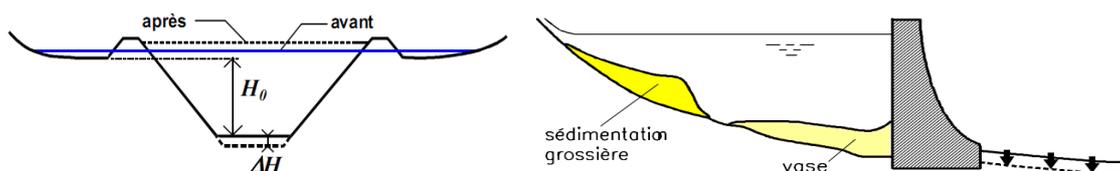
De acuerdo a la UNISDR (2009), las medidas estructurales se refieren a "cualquier construcción física para reducir o evitar el posible impacto de las amenazas, que incluyen medidas de ingeniería" para fortalecer la capacidad de resistencia y la resiliencia de los sistemas o estructuras de cara a las amenazas. El objetivo principal es proteger los bienes y a las personas ubicadas en las zonas de expansión de las crecidas, pero a menudo, la construcción de este tipo de medidas también tiene como objetivo permitir el desarrollo urbano en zonas expuestas a la amenaza.

Los países en desarrollo tienden a concentrar sus esfuerzos y sus financiamientos en la construcción de tales medidas, mientras que el mejoramiento del conocimiento y la reducción de la vulnerabilidad son el principal reto en vista de la reducción del riesgo de inundación.

### *Presentación y límites de las medidas estructurales*

En general, se distinguen dos tipos de medidas estructurales (Sayers al. 2013):

- **Las medidas estructurales "pesadas"**, que incluyen la construcción de obras importantes como:
  - **Infraestructuras de drenaje** para facilitar la evacuación de aguas pluviales (redes y depósitos de almacenamiento);
  - **Diques** para una protección más directa de los bienes en juego, disminuyendo el campo de expansión de las crecidas, con un aumento de la profundidad y la velocidad en el lecho encauzado.
  - **Presas** que retienen el agua río arriba de los bienes en juego. Este tipo de retención actúa como un decantador: la reducción de la velocidad provoca un depósito de materiales sólidos transportados por la corriente de agua, que varía en función de la granulometría de los materiales;
  - **Cambios de la corriente de agua** para acelerar los flujos a la altura de los bienes en juego (por ejemplo, aumento artificial del lecho menor, supresión de los meandros).



**Figura 10: Ilustración de un encauzamiento (izquierda) y la construcción de una presa (derecha) (Degoutte, 2012)**

Las medidas estructurales pesadas han sido cuestionadas en los países desarrollados, debido en parte a **que se ha demostrado la ineficacia de tales medidas ante grandes crecidas**, sobre todo cuando se generalizan, y por otra parte, un cuestionamiento de la comunidad científica y del público debido a sus impactos **ambientales, económicos y morfológicos (Doussin, 2009)**.

- **Las medidas estructurales más "suaves", también llamadas "ralentización dinámica"**, cuyo objetivo es reducir la velocidad (y no acelerar) los caudales y favorecer su retención río arriba de las zonas donde se concentran los bienes en juego. Incluyen la instalación de depósitos de retención, la preservación de las zonas de expansión, la gestión alternativa de aguas pluviales (y que se favorezca la infiltración), obras para la rugosidad de las orillas para mitigar la aceleración de los flujos, etc. Estas medidas facilitan las sinergias con los enfoques ecológicos (restauración de humedales, conservación del hábitat de especies acuáticas), pero pueden presentar riesgos para el medio ambiente circundante en caso de disfuncionamiento o rupturas, a pesar de que son inferiores en comparación con las medidas pesadas **(Doussin, 2009)**.

#### *Una necesidad de mejor diseño de obras*

Cualquiera que sea la estructura de protección prevista, el dimensionamiento pasa por: 1) la elección del período de retorno del acontecimiento para el cual se desea proteger, y 2) la selección de un método de dimensionamiento adaptado a las herramientas disponibles y al conocimiento de la amenaza a la altura de donde se quiere construir la obra. Los diferentes métodos de dimensionamiento se presentan en el anexo de este informe.

Las buenas prácticas para el diseño y dimensionamiento de las infraestructuras de protección contra inundaciones consisten en particular en:

- **Analizar todas las consecuencias inducidas aguas arriba** (en el caso de la retención de agua) **y aguas abajo de la zona implicada** (para los casos de aceleración de las corrientes a la altura de los bienes en juego). La interdependencia aguas arriba - aguas abajo pasa por la participación conjunta de los diferentes actores. Su colaboración puede ser fuente de importantes beneficios para todas las partes. Por ejemplo, para reducir el riesgo de inundación en una zona urbanizada, puede ser más pertinente y eficiente financiar medidas para limitar los aportes provenientes de las zonas aguas arriba, en lugar de limitarse a construir obras de drenaje en la propia zona urbana.
- **Analizar el impacto de la obra para un evento de periodo de retorno superior al que sirvió para el dimensionamiento**, especialmente a través de la simulación valorizando los modelos utilizados para el dimensionamiento.

- **Analizar los impactos de un mal funcionamiento de la obra**, vinculado en particular a una reducción de la capacidad hidráulica de estas obras (debido a las obstrucciones o las infraestructuras lineales que los cruzan, etc.).
- **Realizar un análisis costo-beneficio de la infraestructura** (Recuadro 4).

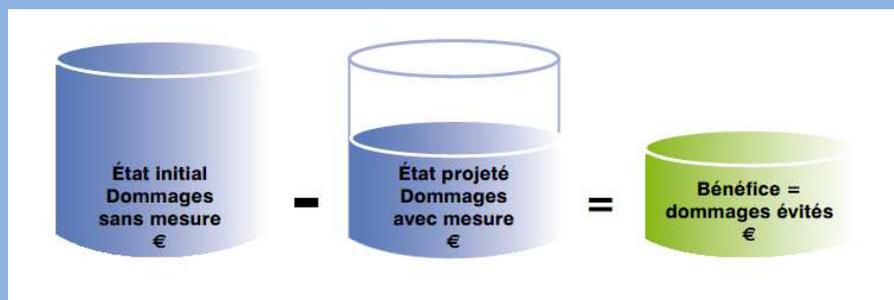
En general, también es esencial inscribir el proyecto de infraestructura en un marco de gestión integrada de las inundaciones con el objetivo general de reducir los daños a personas y bienes, mejorar el estado del conocimiento, la reducción de la vulnerabilidad, la preparación y el fortalecimiento de la cultura de riesgo.

#### Recuadro 4: Análisis Costo-Beneficio

Un Análisis Costo-Beneficio (ACB) busca evaluar la factibilidad económica de un proyecto comparando sus costos de implementación (inversión inicial y costos operativos) con los daños que permite evitar. Se trata de elaborar argumentos cifrados y consolidados para justificar la realización de obras (por ejemplo, para la búsqueda de financiamientos).

Las recomendaciones generales y buenas prácticas de la realización de este tipo de análisis se describen en particular en el documento de comunicación del CEPRI.

El ACB se basa en la comparación entre un estado inicial (sin medida) y un estado proyectado con la implementación de medidas adicionales (por ejemplo, el desarrollo de una obra de protección contra inundaciones). La diferencia entre estos dos estados corresponde a los daños que se evitan gracias a la implementación del proyecto, es decir sus beneficios.



**Figura 11: Principio de cálculo de los beneficios relacionados con el desarrollo de medidas (Fuente: CEPRI)**

La comparación entre estos dos estados se lleva a cabo **para varios acontecimientos con períodos de retorno diferentes**. En particular, es esencial integrar una crecida frecuente. De hecho, en algunos casos, los

principales beneficios de este tipo de infraestructura se generan para los acontecimientos más frecuentes: son estos los que pesarán más en el ACB ya que, si bien los daños que se evitan son menores en términos absolutos que los de una crecida decenal, se presentan con mayor regularidad. Además, puede ser útil integrar un acontecimiento de gran magnitud (período de retorno de 1000 años) como referencia de los daños potenciales máximos.

Puesto que el ACB se lleva a cabo en **un horizonte temporal definido**, se debe establecer la comparación tanto para **la situación actual** (con un urbanismo actual) como para **la situación futura, teniendo en cuenta el crecimiento urbano** en el horizonte temporal elegido así como los eventuales impactos relacionados con el cambio climático.

### *La importancia del mantenimiento de las obras*

Más allá de su diseño y construcción, el problema del mantenimiento de las obras de protección es fundamental para la prevención de los riesgos de inundación ya que la falta de mantenimiento puede llevar al surgimiento de fallas en el funcionamiento de las obras, o incluso la probabilidad de ruptura de las obras.

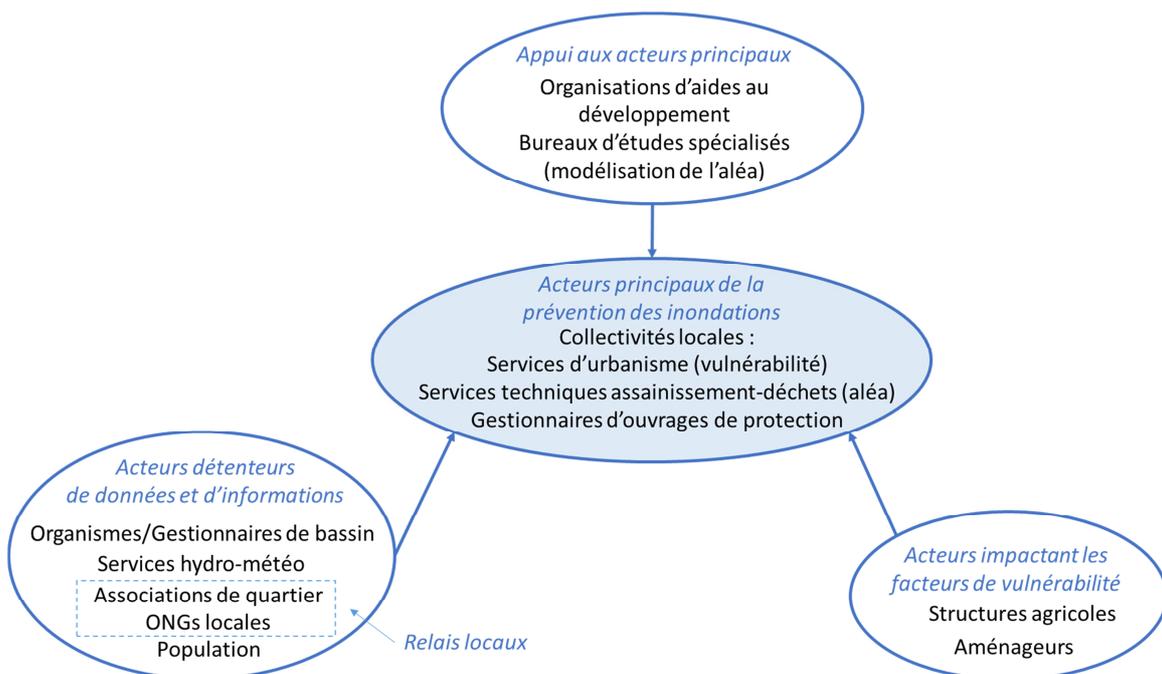
**En cuanto a las infraestructuras de drenaje, el principal problema es el riesgo de reducción de la capacidad de evacuación.** Esta última puede estar relacionada con un problema de sedimentación o de acumulación de residuos. También puede ser causada por construcciones que atraviesan la infraestructura (tuberías de agua, alcantarillas, puentes, etc.) y causan una reducción de la capacidad hidráulica. En la mayoría de los países en desarrollo, el volumen de los residuos transportados por las inundaciones es importante (árboles, automóviles, bicicletas, carretillas, etc.), y pueden provocar obstrucciones en las infraestructuras de protección. Incluso el mantenimiento de tipo preventivo, que consistiría en limpiar justo antes de la crecida los desagües o las infraestructuras de drenaje, podría no tener efecto: los residuos que pueden verse atrapados son transportados por el agua desde aguas arriba de las cuencas hidrológicas. Para limitar este riesgo de reducción en la capacidad de evacuación, es necesario asegurarse que las infraestructuras de drenaje tengan un tamaño significativo y una geometría lo más regularmente pulida posible, con una pendiente de al menos 1/1000 (para generar un caudal de auto limpieza que evite la sedimentación).

En cuanto a los diques y presas, la cuestión del mantenimiento está relacionada con la solidez de la obra (y por lo tanto los materiales que la constituyen) y su antigüedad. En este caso, se trata más bien de comprobar regularmente que no hay vegetación (árboles) o usos no controlados de taludes que podrían debilitar la estructura de la obra. También se debe comprobar periódicamente la obra por medio de un perito en ingeniería civil, y si es posible tener planos de la obra y conocer sus materiales de construcción.

Los problemas de mantenimiento también deben ser analizados a través del prisma de la propiedad y de la policía: hay que definir precisamente quiénes son las partes involucradas, así como las acciones (mantenimiento, restauración, vigilancia) a cargo de cada una. Por último, para el buen funcionamiento de la obra a lo largo del tiempo, hay que asegurarse regularmente de que todas las partes interesadas son conscientes de sus responsabilidades y que las aceptan.

### III. Las instituciones que se deben involucrar en la prevención del riesgo

Definir cuáles instituciones, locales o no, se deben involucrar en la prevención del riesgo de inundación, depende obviamente de las circunstancias locales. Sin embargo, es posible obtener una perspectiva general de las partes que pudieran estar involucradas: esta se presenta en la Figura 12.



**Figura 12: Resumen de los principales tipos de actores que podrían estar involucrados en la prevención del riesgo de inundación de un territorio**

## Una mejor preparación para la crisis

---

En el ámbito de las inundaciones, la preparación pasa particularmente por **la implementación de sistemas de alerta**. De acuerdo a la UNISDR, estos sistemas reúnen **"el conjunto de las capacidades necesarias para producir y difundir oportunamente avisos de alerta para que las personas, comunidades y organizaciones amenazadas se preparen y actúen de manera adecuada y en el momento oportuno"** (UNISDR, 2009). Los sistemas de alerta se basan tanto en las predicciones meteorológicas como en las predicciones de crecidas.

Pero el interés de estas predicciones en el marco de la gestión del riesgo de inundación, reside principalmente en **la implementación de acciones relacionadas con el nivel de riesgo previsto y definidas antes de la crisis en un documento de planificación**, como un plan de contingencia. Estas acciones incluyen particularmente la notificación de los actores de gestión de crisis y la población, la evacuación de los sectores expuestos al mayor riesgo, la implementación de medidas estructurales "pequeñas" por parte de la población para reducir la vulnerabilidad de las construcciones (por ejemplo, la instalación de diques o la colocación de bolsas de arena para evitar que el agua entre en los edificios), y más generalmente la coordinación y la comunicación entre los actores implicados en la gestión de crisis.

Por lo tanto, para garantizar un sistema de alerta de inundaciones efectivo, es esencial:

- Diseñar el sistema basado en la comprensión de la amenaza climática a la que está sujeta el territorio y su vulnerabilidad ante esa amenaza;
- Encontrar un equilibrio entre la información que se transmite al público y la que se transmite a los servicios involucrados en la gestión de crisis;
- Organizar las estructuras básicas de manera que las funciones y responsabilidades de cada uno estén bien definidas, compartidas y aceptadas antes de la crisis. Esto puede ser complejo en la medida en que varios ministerios pueden tener diferentes responsabilidades en el marco de las actividades relacionadas con la predicción y alerta de inundaciones.

Sin embargo, cabe recordar que el período potencial de anticipación de las crecidas varía en función del tamaño de la cuenca hidrográfica y del tipo de crecida. En el caso de las inundaciones repentinas (riadas), donde la cinética del acontecimiento es extremadamente rápida, el tiempo disponible entre el momento de una predicción fiable y la incidencia del acontecimiento es a

menudo menos de 1 hora, lo cual es demasiado corto para permitir un proceso eficiente de alerta y evacuación. Si bien permite reducir el riesgo letal, tiene poco efecto en la reducción de los daños económicos.

## I. Las herramientas de predicción

### 1. La predicción meteorológica

En términos de gestión del riesgo de inundación, la predicción meteorológica permite predecir episodios de lluvia por venir en un territorio determinado y, en la medida de lo posible, cuantificarlos (en términos de intensidad, duración, cantidad de agua precipitada, etc.). Las herramientas de medición meteorológica en tierra (que se detallan en el capítulo anterior sobre la predicción) también se utilizan para apoyar la predicción: permiten recolectar una cantidad de datos locales sobre la amenaza de inundación y dependiendo de la densidad de los dispositivos instalados, ofrecen una visión de la variación espacio-temporal de los acontecimientos meteorológicos. Además de la red en tierra, se pueden hacer predicciones a diferentes niveles:

- **La predicción digital, a nivel de una nación o grupo de naciones.** Se basa en **los modelos de predicción** sofisticados que utilizan grandes calculadoras. Los países en desarrollo por lo general no tienen los recursos (técnicos, humanos) para trabajar con dichos modelos. Sin embargo, la necesidad, en el caso de todos los modelos ya implantados, de resolver el problema de la predicción a nivel mundial hace que estos modelos puedan ser utilizados por cualquier país que pueda preferir usar modelos ya comprobados (aun cuando lo puedan mejorar suministrando datos suplementarios sobre su territorio), en lugar de desarrollar a gran costo su propio modelo.  
En general, se han alcanzado considerables progresos en la mejora de las puntuaciones de la predicción numérica, a pesar de que las precipitaciones siguen siendo difíciles de reproducir debido a la variabilidad espacio-temporal extrema de este parámetro. En la predicción de episodios lluviosos fuertes o extremos, un modelo regional permite alertar a un territorio con gran pertinencia. Sin embargo, habitualmente, un episodio de lluvia fuerte o extrema está localizado en el espacio y el tiempo, lo que al modelo digital le cuesta precisar. Por esta razón, la predicción digital debe ser relevada por la predicción inmediata.
- **La predicción inmediata a un nivel más local.** Se basa en la extrapolación de las imágenes proporcionadas por los satélites meteorológicos geoestacionarios y los radares meteorológicos.
  - **La observación satelital:** Los satélites geoestacionarios proporcionan imágenes que hacen un mapeo permanente de la

cobertura nubosa, que permiten observar su evolución y movimiento e identificar las zonas de convección nubosa más activas. El potencial predictivo de las imágenes de los satélites geoestacionarios es particularmente evidente en el caso de los ciclones (sistemas lluviosos organizados, con un ciclo de vida largo —semanas— cuyo desplazamiento es bastante predecible) a partir del seguimiento de las imágenes sucesivas del satélite.

- **El radar meteorológico:** es el instrumento por excelencia de monitoreo hidro-meteorológico y de alerta de inundaciones. Es la herramienta central de predicción inmediata que sirve para:
  - preparar estadísticas de lluvia, identificar las zonas más vulnerables en relación con la topografía y la urbanización, y dimensionar las obras de la red de saneamiento (dimensionamiento de colectores y tanques de retención);
  - aportar datos a una plataforma de servicios que podría (bajo reserva de la implementación de un servicio de protección civil y de la elaboración de planes de contingencia) desarrollar diagnósticos en tiempo real de la peligrosidad y enviar alertas apropiadas a los equipos de turno.

Los principales tipos de radar utilizados en el campo meteorológico se anexan a este documento.

## 2. La predicción de crecidas

Además de la predicción meteorológica, hay sistemas de predicción de crecidas. Estos ayudan a proporcionar a los diversos actores de la gestión de crisis (autoridades, organismo de gestión del agua, servicios de transporte, servicios de telecomunicaciones, servicios de seguridad pública, servicios de salud) la información para que se preparen para la crisis, y sepan cómo reaccionar. (OMM, 2011)

Según OMM, un sistema predicción de crecidas eficaz consiste en lo siguiente:

- **Predicciones específicas** de las precipitaciones en términos de cantidad y duración para las cuales la predicción digital es esencial;
- **Una red de estaciones hidrométricas** (manuales o automáticas) conectadas a un centro de control por cualquier tipo de telemetría;
- **Un programa de modelación de las predicciones de crecidas**, conectado a la red de observación y con funcionamiento en tiempo real; cada vez más, se trata hoy en día de ir hacia una previsión de las zonas inundadas pero es bastante difícil;
- **Un sistema de alerta**, que se activa cuando se produce o es inminente un evento de escala significativa. Es esencial comprobar que está

dirigido a los que tienen un plan de acción y la capacidad operativa de ejecutarlo.

## II. Las herramientas de planificación de crisis

La planificación es una herramienta esencial para la gestión de crisis, cuyo objetivo principal es hacer que las operaciones de socorro sean eficaces al: (Ledoux, 2006)

- Garantizar la movilización y la rápida aplicación de los recursos de emergencia disponibles;
- Fijar de antemano la línea de mando y la responsabilidad compartida.

La planificación de una situación de crisis a nivel nacional o local puede traducirse bajo la forma de **un plan de contingencia** (organización de la ayuda). Este tipo de plan debe definir de forma clara, precisa y concisa, no solo los roles y responsabilidades de las diversas instituciones involucradas, sino también las herramientas a movilizar y los procedimientos a aplicar en una crisis (ONU/BCAH, 2008). Existen muchas guías de desarrollo de plan de contingencia, de las Naciones Unidas u otras organizaciones como la Federación Internacional de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja. Pero cabe recordar que un plan de contingencia debe ser adaptado a la naturaleza específica del riesgo de inundación en el territorio dado, en términos de amenaza y vulnerabilidad. Sin embargo, mantenemos las siguientes recomendaciones:

- **Gestionar la crisis por etapas crecientes de movilización** con un inicio secuencial originado por **la autoridad de coordinación** (por ejemplo: Prefectura o Despacho del Primer Ministro) y no de los proveedores de información (por ejemplo, los servicios meteorológicos);
- **Reflexionar a un nivel pertinente**: nacional para los países que tienen los medios necesarios, regional e incluso internacional para las crisis mayores;
- **Usar los medios de comunicación** para la coordinación de los actores y la difusión de información (por ejemplo, puesto de comando de crisis);
- **Prever la organización de rescate y evacuación e identificar los medios y equipos disponibles.** Son los bomberos los que generalmente proporcionan la asistencia: tienen equipos tales como camiones, escaleras o embarcaciones flotantes para trasladar a las personas afectadas hacia lugares seguros. La movilización de ambulancias permite que los heridos reciban primeros auxilios, o, si es necesario, transferirlos a las infraestructuras médicas adecuadas para curarlos. Las entidades territoriales también deben prever la evacuación de personas en sectores de alto riesgo, incluyendo la definición de los procedimientos de evacuación y de comunicación hacia la población, y

la identificación, antes de la crisis, de áreas de refugio adaptadas. Estos refugios deben ser localizados fuera de las zonas de inundación, accesibles y de ser posible, disponer de un punto de agua. Las ONG también desempeñan un papel importante en la gestión de damnificados, ya que proporcionan servicios de alojamiento (camas de campaña), así como alimentos y agua potable.

- **Promover la continuidad de los servicios prioritarios así como su puesta en servicio rápidamente.** Los servicios prioritarios incluyen el suministro de agua, energía y gestión de residuos. Para facilitar de nuevo la puesta en servicio de los equipos, se puede prever suspender los servicios con fines preventivos en el momento de crisis (por ejemplo, colocar los aparatos eléctricos fuera del alcance del agua). La implementación de pequeñas medidas estructurales como diques o sacos de arena también puede proteger los equipos con el fin de evitar su degradación y permitir que vuelvan a funcionar rápidamente después de que retrocedan las aguas. Los bomberos también pueden estar equipados con equipos especializados de bombeo para evacuar el agua en las zonas sumergidas.
- **Integrar la evacuación de la población** (procedimientos de evacuación, identificación de áreas de refugio adaptadas a la población para acogerla, comunicación con la población, suministro de agua y alimentos, etc.).

Los límites relacionados con un plan de contingencia están relacionados en particular con:

- **Su aplicación operativa.** Es esencial no reducir el problema de la gestión de crisis a un tema de recursos y capacidad técnica. Aunque esto es obviamente esencial, el método de organización es crucial. De hecho, la gestión de crisis depende tanto de la intervención como de la coordinación entre las distintas partes interesadas, el despliegue de medios de intervención, las capacidades de comunicación, etc.
- **Su difusión.** Para ser eficaz, el plan de contingencia debe ser conocido y aceptado por todos los actores involucrados. Todos deben ser conscientes de las tareas y responsabilidades que les competen.
- **La necesidad de su actualización periódica** con el fin de tener en cuenta los cambios institucionales (muy frecuentes en algunos países en desarrollo) y las mejoras en materia de equipos y herramientas disponibles así como incorporar las lecciones aprendidas de las últimas experiencias.

**Los ejercicios de simulación** de gestión de crisis son algunas herramientas complementarias para definir un plan de contingencia, que permiten probar su eficacia y su carácter operativo e identificar las posibles deficiencias o debilidades del plan de contingencia y de los recursos disponibles. Para que sea provechosa, la realización de una simulación de este tipo implica la formalización del curso del ejercicio y las lecciones aprendidas en un informe,

que se podrá usar más adelante para mejorar la gestión de crisis y el plan de contingencia asociado. Sin embargo, cabe señalar, que la realización de estos ejercicios requiere de recursos financieros, organizacionales (seguimiento de las actividades y servicios durante el ejercicio) y materiales.

Además, **existen herramientas de asistencia y de cooperación internacional** para apoyar a los países en estos esfuerzos, en particular, el **PNUD** y el **UNDAC**. El UNDAC (*Equipo de las Naciones Unidas para la Coordinación y la Evaluación en Casos de Desastre*) es parte del sistema de respuesta de emergencia internacional, y tiene el siguiente objetivo:

- Ayudar a las Naciones Unidas y a los gobiernos de los países afectados por desastres durante la primera fase de una emergencia repentina;
- Contribuir a la coordinación de los esfuerzos internacionales de socorro a nivel nacional o local.

El UNDAC interviene, sin costo para los países afectados, a petición de las Naciones Unidas o de los gobiernos de los países afectados. (OCHA, 2017)

**La fase de reconstrucción post-crisis**, también es un paso clave en la gestión del riesgo de inundación. **Se debe integrar en la planificación de la crisis** para asegurarse de un regreso a la normalidad lo antes posible. Las herramientas disponibles para la recuperación de desastres incluyen, los siguientes elementos:

- **Los sistemas de seguros.** Permiten a la población en riesgo beneficiarse de una protección contra los posibles daños y así resarcirse rápidamente del desastre que la haya afectado. También pueden permitir compartir los daños y animar a los interesados para entender e identificar el riesgo. Hay varios tipos de sistemas de seguros que se detallan en el anexo de este informe. Es difícil imponer un sistema mientras que en muchos países el sistema de seguro básico (es decir, el seguro contra todo riesgo de hogar) no existe. Puede ser una opción que el poder público anime un fondo (por ejemplo, la Caisse Centrale de Réassurance en Francia), pero no es una obligación. En cambio, las autoridades públicas tienen dos responsabilidades:
  - Favorecer un despliegue a gran escala para evitar las primas demasiado altas;
  - Producir y/o difundir los datos relativos a los riesgos y los daños causados por las inundaciones.

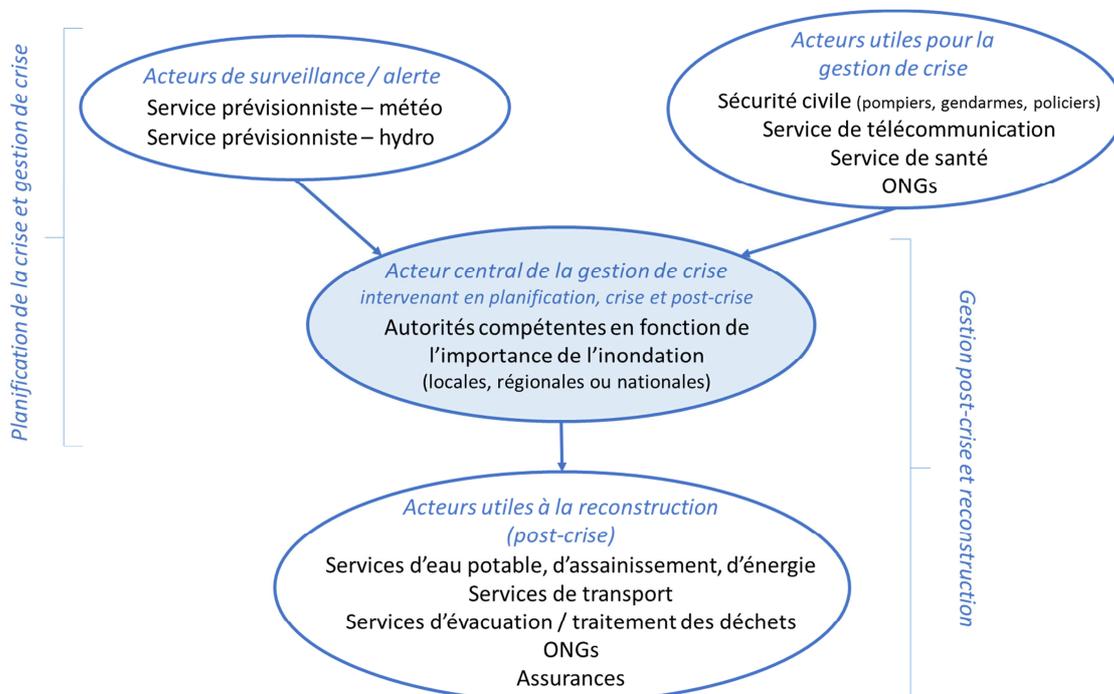
El GFDRR organiza periódicamente una reunión sobre el tema "Role of insurance in disaster risk reduction - RIDRR" (El papel de los seguros en la reducción del riesgo de desastres - RIDRR).

Los diferentes modelos de sistemas de seguro se anexan a este documento.

- **La retroalimentación** consiste en investigar las causas para tratar de reconstruir el desarrollo de un evento catastrófico con el fin de sacar lecciones importantes en términos de prevención y gestión de crisis. Esta herramienta debe ayudar a capitalizar el conjunto de conocimientos relacionados con un episodio y transmitirlos posteriormente al mayor número de personas. Por lo tanto, permite conservar una memoria fina del evento. (**IRMA**)

### III. Las instituciones que participan en la preparación

Las instituciones que participan en la preparación para el riesgo de inundación se muestran en la Figura 13.



**Figura 13: Resumen de los principales tipos de actores que podrían estar involucrados en la preparación para el riesgo de inundación**

# El fortalecimiento de la cultura de riesgo

## I. Las herramientas para mejorar la conciencia del riesgo

El fortalecimiento de la cultura de riesgo es un elemento clave en la gestión del riesgo de inundación. Sus dos retos principales son la toma de conciencia del riesgo de inundación potencial y la integración de los comportamientos en situación de crisis. Este aspecto de la gestión del riesgo de inundación involucra a todas las partes interesadas y sobre todo a los habitantes, que a menudo no están bien informados de los riesgos existentes y de las buenas prácticas en caso de inundación.

La difusión de información sobre el riesgo de inundación se puede lograr por varios medios, incluyendo:

- **La sensibilización en la escuela.** Los niños forman parte de las poblaciones más vulnerables a los desastres. La información sobre los riesgos existentes y las maneras de actuar frente a una crisis, contribuye a su propia protección y también a la de los miembros de su comunidad. Esta herramienta también permite dar una formación sobre los riesgos de inundación a los futuros adultos del país. Para generalizar la enseñanza de los conocimientos sobre el riesgo de inundación a nivel de un país, es importante contar con el apoyo del Ministerio de Educación, autorizado para registrar este tipo de cursos en los programas de educación primaria y secundaria. Es el caso por ejemplo en México, donde la enseñanza de materias que incluyen el conocimiento sobre los desastres es obligatoria en las escuelas (**UNISDR, 2006**). La sensibilización en la escuela es uno de los temas claves de la UNISDR en sus campañas mundiales sobre la prevención de desastres. UNISDR también produce guías para escuelas y maestros como la titulada "Eau et aléa en Afrique : Guide à l'usage des écoles" (El agua y la amenaza en África: Guía de uso para las escuelas)<sup>3</sup>.
- **Los "serious games" (juegos serios):** esta herramienta educativa permite sensibilizar a las poblaciones y especialmente a los niños, de una manera lúdica y haciendo uso de las nuevas tecnologías (informáticas y los smartphones), para ayudarles a entender mejor los problemas de riesgo. La ONU implementó el juego "Alto a los desastres" ([www.stopdisastersgame.org](http://www.stopdisastersgame.org)), que simula diferentes tipos de desastres, como inundaciones. El jugador tiene que prepararse para la incidencia de una inundación, con un presupuesto fijo que debe gastar para

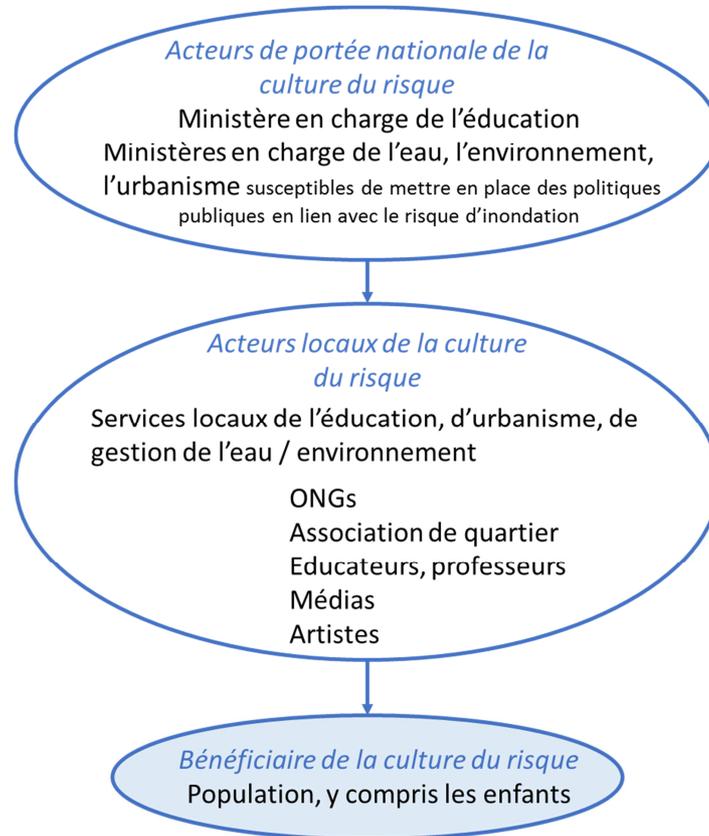
<sup>3</sup> Disponible en: <https://www.unisdr.org/2004/campaign/docs/eau-et-aleas-ecoles.pdf>

mejorar el ordenamiento del territorio y preparar su territorio para la crisis.

- **La realización de ejercicios de simulación** de inundaciones, con los actores involucrados, pero también con la población, especialmente en las escuelas. Además de una mejor organización de los servicios involucrados (ver capítulo anterior), este tipo de ejercicio, si implica a la población, participa en la integración con los habitantes de los comportamientos adecuados y de las mejores prácticas en situación de crisis, confrontándolos ante una situación concreta.
- **La colocación de marcaciones de crecida.** Estas herramientas permiten recordar las alturas alcanzadas por las crecidas pasadas, comparándolas entre sí y encontrar su frecuencia de incidencia (Página web: Los mayores riesgos, 2009). Estas materializan el riesgo de inundación y lo asocian con un lugar específico. De este modo, contribuyen a mantener la memoria colectiva local de los acontecimientos del pasado, siempre y cuando sean claramente visibles y muy bien explicadas (por ejemplo con rótulos explicativos adicionales que dan informaciones sobre las crecidas históricas de este lugar e incluso en el municipio).
- **La participación de la población en la implementación de políticas públicas en reuniones de información pública y/o talleres de concertación,** con el fin de informar a la gente sobre el riesgo de inundación y sobre los medios existentes para protegerse de ella. En estas reuniones también se puede recopilar información adicional e integra la retroalimentación de los habitantes.
- **El lanzamiento de campañas de sensibilización** ante la población, con el apoyo de las ONG y eventualmente, las asociaciones de barrios y representantes locales que tienen la confianza de la población.
- **La organización de exposiciones o iniciativas artísticas,** vinculadas con el riesgo de inundación para difundir información de manera original e informal a la población.

## II. Los socios institucionales de la cultura del riesgo

Los actores e instituciones que participan en la cultura del riesgo de inundación, de alcance nacional y local, se muestran en la Figura 14.



**Figura 14: Resumen de los principales tipos de actores que podrían estar involucrados en el fortalecimiento de la cultura del riesgo**

## Ejemplos de territorios de riesgo en los países en desarrollo

---

En este capítulo, cinco ciudades de países en desarrollo situadas en distintas regiones donde la AFD desarrolla sus actividades, fueron objeto de un análisis específico. Este análisis tiene como objetivo estudiar el riesgo de inundación en los países en desarrollo a una escala geográfica específica para por una parte, apoyar los resultados detallados en los capítulos anteriores con ejemplos precisos, y por otra, resaltar las características específicas de cada ciudad, ilustrativa de la región correspondiente. Las cinco ciudades o territorios estudiados son los siguientes:

- **Dakar**, capital de Senegal, país característico del contexto del Sahel (región de actividades : África subsahariana)
- **Beirut**, capital del Líbano, que ilustra el caso de los países del Mediterráneo (región de actividades : Mediterráneo y Oriente Medio)
- **Port Louis**, capital de Mauricio, ilustrativa del contexto insular en el Océano Índico (región de actividades: África subsahariana)
- **Hanói y el delta del río Rojo en Vietnam** (región de intervención: Asia)
- **São Paulo**, importante ciudad de Brasil y principal megalópolis de América Latina (región de actividades: América Latina y el Caribe).

El análisis permitió identificar puntos comunes y/o recurrentes de diferentes territorios:

- **La vulnerabilidad relacionada con la instalación de poblaciones** (con frecuencia las más pobres) en zonas expuestas al riesgo de inundación;
- **El aumento de la amenaza de inundación por el cambio climático:** los efectos de esta problemática global se harán sentir en todas partes, con un riesgo particularmente significativo en las zonas costeras expuestas al aumento del nivel del mar (cuatro estudios de casos tienen que ver con este riesgo);
- **El aumento del riesgo debido al desarrollo urbano** que conlleva a menudo una urbanización de las zonas inundables y un incremento de las escorrentías;
- **La insuficiencia de infraestructuras de drenaje** que a menudo no son suficientemente eficaces para responder a las necesidades crecientes asociadas al desarrollo de la urbanización.

Además, el análisis permitió identificar también las características propias de cada ciudad, presentadas en el Cuadro 1.

**Cuadro 1: Características principales de los estudios de caso**

Estudio de caso	Las principales características
Dakar	<p><b>La pérdida de la cultura del riesgo relacionada con la sequía</b> de la década de 1970, tuvo como consecuencia la instalación de las poblaciones en zonas de riesgo, pero secas durante la sequía</p> <p><b>El aumento de la capa freática</b> de Thiaroye, que actualmente aflora</p> <p><b>Los impactos sociales de las inundaciones</b> puestos de relieve que generan tensiones dentro de una vecindad.</p>
Port Louis	<p><b>La falsa sensación de seguridad</b> generada por el desarrollo de la ciudad, que llevó a una pérdida de la cultura del riesgo de inundación;</p> <p><b>La problemática de las prácticas agrícolas:</b> el abandono de las tierras de cultivo de caña de azúcar dejadas a sí mismas, lo que resulta en un aumento de las escorrentías</p> <p><b>El contexto insular del país,</b> que lo vuelve dependiente de las actividades portuarias</p>
Beirut	<p><b>El problema de los refugiados que huyen de los conflictos, lo que resulta en una vulnerabilidad específica</b></p> <p><b>El problema de la recolección de los residuos</b> que no solo aumenta la amenaza, sino también puede causar epidemias en caso de contaminación del agua durante las inundaciones</p>
Delta del río Rojo	<p><b>La problemática de la gestión del uso de los suelos río arriba de la cuenca hidrográfica,</b> concretamente una dinámica de deforestación que genera un aumento de las escorrentías a nivel del delta;</p> <p><b>La estrategia de gestión de las inundaciones que gira únicamente hacia lo estructural sin priorizar áreas de protección prioritaria:</b> estas infraestructuras (red de diques) ahora están degradadas y contribuyen al aumento de la exposición de la población frente al riesgo de inundación (por no hablar de que causan la pérdida de la cultura del riesgo). El crecimiento de la población y del nivel de vida en los últimos 20 años contribuye al aumento de la vulnerabilidad.</p>
Sao Paulo	<p><b>Las desigualdades sociales</b> cuya consecuencia es la instalación de las poblaciones más pobres en las favelas a menudo expuestas al riesgo de inundación.</p> <p><b>La característica de "megalópolis" de la ciudad,</b> que exacerba los problemas relacionados con la impermeabilización de los suelos y el aumento de las escorrentías</p>

El resumen detallado de los estudios de caso (Cuadro 2) permite poner de relieve las características e impactos del riesgo de inundación, de acuerdo con los criterios de sostenibilidad: aspecto social, aspecto ambiental y aspecto económico. Los análisis detallados se presentan en el anexo de este informe.

**Cuadro 2: Resumen de los estudios de caso**

Estudio de caso	Tipo de inundación	Aspectos sociales	Aspectos ambientales	Aspectos económicos
Dakar (Senegal)	Escorrentía urbana Sumersión marina	<p><i>Características:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La vulnerabilidad relacionada con la <b>pérdida de la cultura del riesgo en años de sequía</b>, lo que condujo a una afluencia masiva de personas (con frecuencia pobres) en las zonas expuestas a inundaciones</li> <li>- El aumento de la vulnerabilidad debido al desarrollo de la urbanización en los cauces naturales de las aguas</li> </ul> <p><i>Impactos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Degradación de las condiciones de vida y los <b>vínculos entre las personas</b> (aumento de las tensiones, especialmente entre los vecinos)</li> <li>- Riesgo sanitario debido al agua estancada (desarrollo de epidemia) y potencialmente por la contaminación del recurso hídrico</li> </ul>	<p><i>Características:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la amenaza por el afloramiento de la capa freática de Thiaroye</li> <li>- El aumento de la amenaza debido al cambio climático</li> </ul>	<p><i>Impactos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Riesgo de interrupción de las actividades de la ciudad, núcleo económico del país</li> </ul>
Port Louis (Mauricio)	Inundación repentina (riada)	<p><i>Características:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La vulnerabilidad relacionada con la <b>falsa sensación de seguridad generada por el nivel de desarrollo de la ciudad</b></li> <li>- La vulnerabilidad relacionada con la instalación de poblaciones pobres en las zonas expuestas (en las pendientes) y la falta de control sobre el uso del suelo</li> <li>- El aumento de la vulnerabilidad debido al desarrollo de la urbanización en los cauces naturales de las aguas</li> </ul> <p><i>Impactos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posible contaminación de las fuentes de agua potable</li> </ul>	<p><i>Características:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la amenaza por las prácticas agrícolas río arriba (abandono de las tierras utilizadas para el cultivo de la caña de azúcar)</li> <li>- Aumento de la amenaza por el cambio climático</li> </ul>	<p><i>Características:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Aumento de la vulnerabilidad relacionada con el contexto insular del país</b>, que depende de las importaciones</li> </ul> <p><i>Impactos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Riesgo de interrupción de las actividades de la ciudad, núcleo económico del país, y particularmente del puerto</li> </ul>
Beirut (Líbano)	Inundación repentina (riada) Escorrentía urbana Sumersión marina	<p><i>Características:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la vulnerabilidad debido a la <b>fuerte concentración urbana en las zonas costeras</b></li> <li>- Vulnerabilidad relacionada con los <b>flujos de refugiados</b> (especialmente de Siria)</li> <li>- Vulnerabilidad relacionada con la insuficiencia de infraestructuras de drenaje</li> </ul> <p><i>Impactos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Riesgo para la salud relacionado con los residuos arrastrados por las inundaciones</b></li> </ul>	<p><i>Características:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>El aumento de la amenaza por la presencia de residuos en las calles</b> (obstrucción de las infraestructuras de drenaje y de flujo de agua)</li> <li>- El aumento de la amenaza por el cambio climático</li> </ul>	<p><i>Impactos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Riesgo de interrupción de las actividades de la ciudad, núcleo económico del país, en particular el puerto (por el cual transita 75 % del PIB de Líbano)</li> </ul>
Delta del río Rojo (Vietnam)	Crecida fluvial Sumersión marina	<p><i>Características:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vulnerabilidad relacionada con la <b>degradación de las infraestructuras de protección frente al riesgo de inundación (red de diques)</b> a pesar de los esfuerzos de mantenimiento y vigilancia de los equipos</li> <li>- Vulnerabilidad relacionada con la alta concentración de la población en las zonas expuestas</li> </ul>	<p><i>Características:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la amenaza por la <b>deforestación río arriba de la zona del delta</b></li> <li>- El aumento de la amenaza por el cambio climático</li> </ul>	<p><i>Impactos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Riesgo de interrupción de las actividades de la ciudad, núcleo económico del norte de Vietnam</li> </ul>

Estudio de caso	Tipo de inundación	Aspectos sociales	Aspectos ambientales	Aspectos económicos
Sao Paulo (Brasil)	Escorrentía urbana Inundación repentina	<i>Características:</i> - Aumento de la amenaza mediante el desarrollo de la urbanización de esta megalópolis (2,000 km <sup>2</sup> altamente urbanizados) - La vulnerabilidad relacionada con las desigualdades sociales, especialmente en los barrios pobres llamados favelas con riesgo de inundación (edificaciones básicas, con riesgos de deslizamientos de tierra) - Vulnerabilidad relacionada con la insuficiencia de infraestructuras de drenaje	<i>Características:</i> - El aumento de la amenaza por la presencia de residuos en las calles (obstrucción de las vías de infraestructura de drenaje y de flujo de agua) - El aumento de la amenaza por el cambio climático	<i>Impactos:</i> - Riesgo de interrupción de las actividades de la región, núcleo económico del país

## Bibliografía

- ADRC. (2005). *Total disaster risk management - Good Practices*.
- AFD. (s.f.). *AFD 2025 Dossier thématique Démographie et migrations*.
- Ambroise, B. (1998). *La dynamique du cycle de l'eau dans un bassin versant - Processus, Facteurs, Modèles*. Bucarest: HGA.
- Armand, R. (2009). *Etude des états de surface du sol et de leur dynamique pour différentes pratique de travail du sol. Mise au point d'un indicateur de ruissellement*. Université de Strasbourg.
- Asconit. (2013). *Renforcement des politiques publiques et appui aux structures nationales de coordination, de prévention et de gestion des risques naturels et des catastrophes dans les pays membres de la COI*.
- Banque Mondiale. (2009). *Climate Resilient Cities: A primer on reducing vulnerabilities to disasters - City Profile Hanoi, Vietnam*.
- Banque Mondiale. (2012). *CLIMATE CHANGE, DISASTER RISK AND THE URBAN POOR: CITIES BUILDING RESILIENCE FOR A CHANGING WORLD*.
- Bassin de la Sarthe Amont. (2007). *Les zones d'expansion des crues*. Plaquette de communication.
- BBC Weather. (2011). *Weither Beirut - Average conditions*. Recuperado el febrero de 2016, de <http://www.bbc.com/weather/276781>
- BRL Ingeniería. (2015). *Conception et mise en place d'un système d'alerte précoce axé sur les inondations*.
- CEPRI. (s.f.). *Sensibiliser les populations exposées au risque d'inondation - Comprendre les mécanismes du changement de la perception et du comportement*.

- CIA. (2015). *The World Factbook*. Recuperado el octubre de 2015, de <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/mp.html>
- Croix Rouge. (2013). MENA Workshop on Urban Disaster Risk Reduction and Management - Building Urban Resilience., (pág. [http://www.unisdr.org/files/36460\\_36441beirutworkshoponurbandrreport.pdf](http://www.unisdr.org/files/36460_36441beirutworkshoponurbandrreport.pdf)). Beyrouth, Liban.
- Degoutte. (2012). *Cours d'hydraulique, dynamique et morphologie fluviale - Agro ParisTech*.
- Diongue, M. (2014). Périphérie urbaine et risques d'inondation à Dakar: le cas de Yeumbeul Nord. *ESO, Travaux et Documents*, n°37, p 45-54.
- Doussin, N. (2009). *Mise en oeuvre locale d'une stratégie globale de prévention du risque d'inondation: le cas de la Loire moyenne*. Géographie. Université de Cergy Pontoise.
- EM-DAT. (10 de octubre de 2015). *Database, EM-DAT The International Disaster Database - extrait du 10/10/2015*. Recuperado el octubre de 2015, de <http://www.emdat.be/database>
- EM-DAT. (25 de novembre de 2016). *Database, EM-DAT The International Disaster Database - extrait du 25/11/2016*. Recuperado el octubre de 2015, de <http://www.emdat.be/database>
- Fagoonee, I. (2005). *Integrating disaster-management information in Mauritius*.
- Floater, G., Rode, P., Friedel, B., & Robert, A. (2014). Steering urban growth: governance, policy and finance. *The New Climate Economy Cities Paper 02. LSE Cities London School of Economics and Political Science*.
- Fontenelle, J.-P. (2006). La décentralisation de l'hydraulique agricole du delta du Fleuve Rouge au Viêt-nam: rupture ou continuité? *Hérodote*, n°121, 2ème trimestre 2006, p55 -72.
- FuturaSciences. (février de 2014). *Climat ou météo, quelle différence?* Recuperado el octubre de 2015, de <http://www.futura-sciences.com/magazines/environnement/infos/qr/d/meteorologie-climat-meteo-difference-5922/>
- Gerrits, M. (2010). *The role of interception in the hydrological cycle*. Université Technique de Delft, Pays-Bas.
- GFDRR. (2011). *Climate Risk and Adaptation Country Profile ; Vulnerability, Risk reduction and adaptation to Climate Change*.

- GFDRR. (2014). *Sénégal: Inondations urbaines. Le Relèvement et la Reconstruction à partir de 2009.*
- GIEC. (2001). *Bilan 2001 des changements climatiques: mesures d'atténuation.* Rapport du Groupe de travail III du GIEC.
- GIEC. (2013). *Changements climatiques 2013 - Les éléments scientifiques.* Glossaire.
- GIEC. (2013). *Evaluation of Climate Models.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assess. .
- GIEC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of the working group II to the Fifth Assessment Report of IPCC.* Cambridge, United Kingdom and New York, NY USA: Cambridge University Press.
- Gilard, O. (2006). Risques d'inondation dans le delta du Fleuve Rouge. De la nécessité d'améliorer leur prise en compte dans le processus d'aménagement du territoire. *Hérodote*, n° 121, 2ème trimestre 2006, p52-54.
- Gouvernement du Sénégal. (2010). *Rapport d'évaluation des besoins post-catastrophe - Inondations urbaines à Dakar en 2009.*
- Gouvernement Français. (2012). *Portail interministériel de Prévention des Risques Majeurs - Inondation.* Recuperado el Février de 2016, de <http://www.risques.gouv.fr/risques-naturels/inondation>
- Gouvernement Français. (2012). *Prévention des Risques Majeurs - Lexique.* Recuperado el Septembre de 2015, de <http://www.risques.gouv.fr/lexique>
- Guinot. (2003). *Les modèles numériques en hydrologie et en hydraulique.* Ecole Doctorale Mathématiques et Informatique Fondamentale de Lyon, 17 juin 2003.
- Hallegatte, S., Vogt-Schilb, A., Bangalore, M., & Rozenberg, J. (2017). *Indestructible – Renforcer la résilience des plus pauvres face aux catastrophes naturelles.* Licence : Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO: Washington, DC : La Banque mondiale. GFDDR.
- Hansson, K., & Ekenberg, L. (2002). Flood mitigation strategies for the Red River Delta. *The Commons in Age of Globalization, The Ninth Biennial*

- Conference of the International Association for Study of common property.*
- Hunink, J., & Droogers, P. (2013). *Agricultural runoff and urban flooding in Mauritius: evidence, methods and mitigation measures.*
- Hunink, J., & Droogers, P. (2013). *Agricultural runoff and urban flooding in Mauritius: evidence, methods and mitigation measures.*
- IAGU. (2009). *Préparation à la gestion des périls naturels et des risques liés aux changements climatiques à Dakar, Sénégal.*
- ICLEI. (2012). *Climate Change Projections for Port-Louis: adding value through downscaling.*
- INMET. (2015). *Gráficos Climatológicos (cartes climatologiques sur la base de données entre 1961 et 1990).* Recuperado el octubre de 2015, de <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>
- IRMA. (s.f.). *Les arrêtés de catastrophes naturelles en Rhône-Alpes.* Recuperado el novembre de 2015, de [http://www.irma-grenoble.com/05documentation/04dossiers\\_numero.php?id\\_DT=2](http://www.irma-grenoble.com/05documentation/04dossiers_numero.php?id_DT=2)
- IRMA. (s.f.). *Retour d'expérience et mémoire.* Recuperado el novembre de 2015, de [http://www.irma-grenoble.com/05documentation/04dossiers\\_articles.php?id\\_DTart=93&id\\_DT=10](http://www.irma-grenoble.com/05documentation/04dossiers_articles.php?id_DTart=93&id_DT=10)
- Kastrissianakis, K. (2012). Transformations urbaines et affirmation de nouvelles souveraineté: la cas de Beyrouth. *Rives méditerranéennes*, n°42, p 75 - 95.
- Ledoux, B. (2006). *La gestion du risque inondation.* Lavoisier, Tec&Doc.
- Leone, F., & Vinet, F. (2011). *La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles: Analyses géographiques.* PULM.
- Maddox, Y. (décembre de 2014). *Flood Insurance Models around the World.* Recuperado el novembre de 2015, de <http://www.intermap.com/risks-of-hazard-blog/flood-insurance-models-around-the-world>
- McSweeney, C., New, M., & Lizcano, G. (2012). *UNDP Climate Change Country Profiles : Mauritius.*
- MEDDE France. (2004). *Les inondations - Dossier d'information.*
- MEDDE France. (2015). *EauFrance - Glossaire (Ministère de l'Ecologie du Développement Durable et de l'Energie).* Recuperado el octubre de 2015, de <http://www.hydro.eaufrance.fr/glossaire.php#debit>

- MétéoFrance. (s.f.). *Les incertitudes dans les scénarios de changement climatique*. Obtenido de MétéoFrance: <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/les-incertitudes-dans-les-projections-climatiques>
- MétéoFrance. (s.f.). *Les incertitudes dans les scénarios de changement climatique*. Obtenido de MétéoFrance: <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/les-incertitudes-dans-les-projections-climatiques>
- Ministère de l'Environnement de Maurice. (2012). *Technology Needs Assessment for an enhanced climate change adaptation and mitigation*.
- Minsitère de l'Environnement du Liban. (s.f.). *Vulnerability and Adaptation*. Recuperado el febrero de 2016, de [http://www.iisd.org/pdf/2009/rising\\_temps\\_middle\\_east.pdf](http://www.iisd.org/pdf/2009/rising_temps_middle_east.pdf)
- Mounirou, L. (2012). *Etude du ruissellement et de l'érosion à différentes échelles spatiales sur le bassin versant de Tougou en zone sahélienne du Burkina Faso: Quantification et transposition des données*. Université Montpellier II et Fondation 2iE.
- Musy, A. (1998). *Hydrologie appliquée*. Bucarest: HGA.
- Musy, A. (2005). *Cours d'Hydrologie Générale, Section SIE et GC, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne*. Recuperado el Septiembre de 2015, de <http://echo2.epfl.ch/e-drologie/>
- Musy, A. (2005). *Hydrologie Générale, Section SIE et GC, Ecole Polytechnique Fédérale*. Recuperado el Septiembre de 2015, de <http://echo2.epfl.ch/e-drologie/>
- OCDE. (2009). *Japan: Large scale Floods and earthquakes*. Paris, France: OECD Publications.
- OCHA. (13 de 01 de 2017). *What is UNDAC?* Obtenido de OCHA: <http://www.unocha.org/what-we-do/coordination-tools/undac/overview>
- Oliveira, C., Da Silva, C., Sosnoski, A., Bozzini, P., Rossi, D., Uemura, S., y otros. (2014). Warning system based on real-time flood forecasts in Sao Paulo, Brazil. *6th International Conference on Flood Management, September 2014*. Sao Paulo, Brazil.
- OMM. (2011). *Manuel sur la prévision et l'annonce des crues*. Genève, Suisse.
- OMM, & UNESCO. (1992). *Glossaire international d'hydrologie*. Recuperado el octubre de 2015, de <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/glossary/glu/aglu.htm>

- ONU. (2011). *Assemblée générale : Droit à un logement convenable, 66ème session.*
- ONU. (2014). *World Urbanization Prospects : The 2014 Revision.*
- ONU. (2015). *World Population Prospects: The 2015 Revision (medium variant).* DVD Edition.
- ONU/BCAH, O. &. (2008). *Préparation à une réponse efficace en cas de catastrophe : Ensemble de directives et indicateurs pour la mise en œuvre de la priorité 5 du Cadre d'action de Hyog.* Genève, Suisse.
- Osseiran, N. (octobre de 2015). *Health crisis rears its head as rains batter Lebanon.* Recuperado el février de 2016, de <http://www.dailystar.com.lb/News/Lebanon-News/2015/Oct-26/320237-health-crisis-rears-its-head-as-rains-batter-lebanon.ashx>
- Owens, J. (2015). Rainy Season Accentuates Lebanon Trash Crisis. *Voice of America*, <http://www.voanews.com/content/rainy-season-accentuates-lebanon-trash-crisis/3042127.html>.
- PNUD. (2014). *Rapport sur le développement humain 2014 - Pérenniser le progrès humain : réduire les vulnérabilités et renforcer la résilience.* New York City, NY, USA.
- PRB. (2015). *2015 World Population Data Sheet.* Recuperado el octubre de 2015, de Population Reference Bureau, Washington DC: <http://www.prb.org/Publications/Datasheets/2015/2015-world-population-data-sheet/world-map.aspx#map/world/population/2015>
- Quenault, B., Pigeon, P., Bertrand, F., & Blond, N. (2011). *Vulnérabilité et résilience au changement climatique en milieu urbain: vers de nouvelles stratégies de développement urbain durable?* Programme interdisciplinaire de recherche Ville et Environnement - Rapport de recherche.
- Redd, B. (2013). Why does Lebanon flood so badly? *Executive Magazine*, <http://www.executive-magazine.com/economics-policy/lebanon-floods-policy>.
- Revista. (2013). *Harvard review of latin america – cambridge (massachussets).*
- Sachs, C. (1981). Croissance urbaine et faélisation des métropoles : Sao Paulo et Rio de Janeiro. *Economie et Humanisme*, n°260 - juillet-août 1981.

- Sauvageot, H. (2000). Le radar polarimétrique, une nouvelle approche pour l'observation des chaps de précipitations. *La Météorologie*, 8ème série - n°31 - p 25 à 41.
- Simas, I., Rodrigues, C., & Sant'Anna Neto, J. (2015). Inondations dans la métropole de Sao Paulo: analyse détaillée des évènement pluvieux. *XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège 2015*.
- Site : *Les risques majeurs*. (2009). Obtenido de Les repères de crue: <http://www.risquesmajeurs.fr/les-rep%C3%A8res-de-crues>
- Sueur, J.-P. (2011). *Villes du futur, futur des villes : quel avenir pour les villes du monde ? (Analyses)*. Rapport d'information n°594 (2010-2011) à destination du Sénat français.
- Thanh Pham, X. (2008). *Etude Icimatique de la mousson vietnamienne et applications à la prévision saisonnière*. Thèse de doctorat. Climatologie, Université de Bourgogne.
- Townsed, F. F. (2006). *The federal response to hurricane Katrina: lessons learned*.
- UNDP. (novembre de 2015). *Launching of Flood Risk Assessment and Mapping for Lebanon*. Recuperado el février de 2016, de <http://www.lb.undp.org/content/lebanon/en/home/presscenter/articles/2015/11/26/launching-of-flood-risk-assessment-and-mapping-for-lebanon.html>
- UN-Habitat. (2011). *Mauritius : Port Louis urban profile*.
- UNHCR. (avril de 2014). *Syrian refugees in Lebanon surpass one million*. Recuperado el février de 2016, de <http://www.unhcr.org/cgi-bin/texis/vtx/search?page=search&docid=533c15179&query=lebanon%20syrian%20refugees#hit1>
- UNHCR. (2015). *Registration Trends for Syrians in Lebanon*. Weekly statistics as of: 05/03/2015.
- UNISDR. (2006). *La réduction des risques de catastrophes commence à l'école - 2006-2007 Campagne mondiale pour la prévention des catastrophes*.
- UNISDR. (2009). *Terminology*. Recuperado el Septiembre de 2015, de UNISDR: <http://www.unisdr.org/we/inform/terminology>
- UNISDR. (2013). *Consultation nationale sur le cadre d'action post-2015 pour la réduction des risques de catastrophes*.

- UNISDR. (2013). *Lebanon embarks on regional first with disaster risk plan*. Recuperado el février de 2016, de <https://www.unisdr.org/archive/34432>
- UNISDR. (2015). *Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophes 2015-2030*.
- UNISDR. (2015). *GAR - Réduction du risque de catastrophe : Bilan mondial*. Nations Unies.
- UNISDR. (2015). *Review of Mauritius: UNISDR working papers on public investment planning and financing strategy for disaster risk reduction*.
- Wikipédia. (2016). *Beyrouth*. Recuperado el février de 2016, de [https://fr.wikipedia.org/wiki/Beyrouth#Beyrouth\\_d.27une\\_reconstruction\\_.C3.A0\\_l.27autre\\_.28apr.C3.A8s\\_1990.29](https://fr.wikipedia.org/wiki/Beyrouth#Beyrouth_d.27une_reconstruction_.C3.A0_l.27autre_.28apr.C3.A8s_1990.29)

## Anexo 1 – Léxico de los términos técnicos

---

**Amenaza (*hazard*)** El concepto de amenaza (*hazard* en inglés) se define en Francia, como un fenómeno de origen natural o humano más o menos perjudicial según su intensidad, de acuerdo con el portal interministerial de la prevención de los principales riesgos (2012). A nivel internacional, la UNISDR (2009) ofrece una definición similar que especifica los tipos de daños en términos humanos (muertes, lesiones u otros efectos en la salud), materiales, ambientales y/o socio-económicos<sup>4</sup>.

**Cuenca hidrográfica (*catchment area o watershed*)** unidad hidrológica que drena el agua en su superficie y la evacúa hacia el punto más bajo de la red hidrográfica.

**Capacidad de infiltración (*infiltration capacity*)** - también llamada infiltrabilidad o capacidad de absorción: flujo máximo que el suelo es capaz de absorber cuando se somete a una lluvia suficientemente abundante o cuando está recubierto con una superficie agua.

**Desastres (*disaster*):** cualquier perturbación significativa del funcionamiento de una comunidad o de una sociedad que implica impactos y pérdidas importantes en los planos humanos, materiales, económicos y ambientales, que supera las capacidades propias de estas comunidades o sociedades para hacer frente [...] Los desastres a menudo se describen como el resultado de la combinación de la exposición a una amenaza, las condiciones de vulnerabilidad en el lugar y la incapacidad de hacer frente o reducir las consecuencias negativas (UNISDR, Terminology, 2009)

**Clima (*climate*):** una descripción estadística basada en el promedio y la variabilidad de las mediciones pertinentes durante los períodos que van de meses a miles e incluso millones de años (el período estándar, definido por la Organización Mundial de Meteorología es de 30 años). Estas mediciones son a menudo variables de superficie tales como la temperatura, la cantidad de precipitación y el viento (GIEC, 2013)

**Curva de intensidad-duración-frecuencia - curvas IDF - (*Intensity-Duration-Frequency curve*):** curva que ilustra de forma gráfica y sintética los

---

<sup>4</sup> Página web de UNISDR. Definición en inglés: "A dangerous phenomenon, substance, human activity or condition that may cause loss of life, injury or other health impacts, property damage, loss of livelihoods and services, social and economic disruption, or environmental damage".

conocimientos pluviométricos de un punto dado estableciendo las relaciones entre intensidad, duración y frecuencia de las lluvias. Se utilizan en particular para estimar los caudales para un tipo determinado de lluvia y para el dimensionamiento de obras.

**Crecida (*rising river*):** aumento del caudal de un río (MEDDE France, 2004). Por lo tanto, una crecida no genera sistemáticamente una inundación.

**Obstáculo:** cúmulo de desechos transportados por el agua durante una inundación hasta formar un obstáculo que obstruye el flujo de agua (MEDDE France, 2004)

**Desfogue:** ruptura brutal de tapones naturales formados por los desechos transportados por el agua durante una crecida (MEDDE France, 2004)

**Bienes en juego:** Todas las personas, bienes e infraestructuras ubicados en zonas de inundación y por lo tanto sujetos a pérdidas potenciales (UNISDR, 2009)

**Estiaje (*low flow period*):** época de bajo nivel de agua durante el cual el caudal de una corriente de agua alcanza su nivel mínimo (MEDDE France, Les inondations - Dossier d'information, 2004).

**Evapotranspiración (*evapotranspiration*):** proceso que genera la transferencia desde el suelo a la atmósfera de agua interceptada por la combinación de la evaporación a nivel de suelos descubiertos y de superficies de agua libre y la transpiración de la vegetación. La evapotranspiración es una parte importante de las transferencias del ciclo hidrológico: así, este proceso representa el 62 % de la precipitación incidente a nivel mundial, y 55 % para una cuenca hidrográfica en clima templado (como en Francia, por ejemplo) (Musy, 2005) .

**Exutorio (*outlet*):** punto de la cuenca hidrográfica el más abajo de la red hidrográfica.

**Caudal de crecida** para un año determinado: una forma de caracterizar las crecidas de un año es utilizar el máximo caudal instantáneo o el máximo caudal diario. En varios años, se determina estadísticamente a partir de una muestra con el mayor número posible de caudales de crecida anuales, el valor de caudal asociado con diferentes períodos teóricos de retorno (2, 5, 10 etc.). (MEDDE France, 2015)

**Caudal de estiaje:** caudal mínimo de una corriente de agua calculado durante un determinado período de tiempo de aguas bajas. Por lo tanto, para un año determinado se habla de: caudal diario de estiaje (MEDDE France, 2015)

**Función de producción:** procedimiento para convertir la lluvia bruta en lluvia neta. Es específico de una determinada cuenca e integra características de uso del suelo y de la vegetación y las condiciones meteorológicas (Musy, 2005).

**Función de transferencia:** procedimiento para convertir la lluvia neta en caudal en el exutorio. Integra las características físicas, topológicas, geológicas y meteorológicas (Musy, 2005).

**Hietograma (*hyetograph*):** curva que representa la evolución de la intensidad de la precipitación en un punto determinado a lo largo del tiempo.

**Hidráulica (*hidráulica*):** rama de la mecánica de fluidos que trata de los flujos de superficie libre, de variación gradual, que se producen en las corrientes agua naturales o artificiales.

**Hidrología (*hidrología*):** ciencia que estudia los procesos que rigen las fluctuaciones de los recursos de agua de la superficie terrestre y que trata las diversas fases del ciclo hidrológico (OMM & UNESCO, Glossaire international d'hydrologie, 1992). Cabe señalar que los métodos utilizados en la prevención (estadística) no tienen nada que ver con los que se utilizan en la predicción (modelo lluvia-caudal). Por lo tanto, podemos distinguir al menos dos "escuelas" hidrológicas.

**Hidrograma de crecida (*flood hydrograph*):** curva que representa la evolución del caudal en el exutorio de la cuenca hidrográfica en función del tiempo (Musy, 2005)

**Infiltración (*infiltration*):** transferencia vertical de agua desde la superficie del suelo hasta las capas superiores del suelo bajo el efecto de la gravedad y la presión, siempre y cuando el suelo no esté saturado.

**Inundación (*flood*): anegamiento temporal de tierras que en tiempo normal no están sumergidas.** Este concepto abarca las inundaciones debido a las crecidas de los ríos, torrentes de montaña y corrientes de agua intermitentes del Mediterráneo así como las inundaciones del mar en las zonas costeras (Gouvernement Français, 2012)

**Interceptación (*interception losses*):** parte de las precipitaciones detenida por la vegetación o la infraestructura urbana (techos, suelos poco permeables tales como carreteras, etc.) y devueltos a la atmósfera por evaporación (Gerrits, 2010) (Musy, 2005). Las aguas así interceptadas no contribuyen a las escorrentías.

**Isócrona (*isochrone*):** curva que corresponde a las zonas que presentan tiempos de concentración de agua iguales. La determinación de las isócronas

permite una mejor aprehensión del comportamiento hidrológico de una cuenca hidrográfica y caracterizar las contribuciones relativas de las sub-cuencas. (Musy, 2005)

**Lecho mayor:** zona que incluye las zonas bajas situadas en ambos lados del lecho menor, en una distancia que va desde unos pocos metros a varios kilómetros, dependiendo de la extensión de la crecida. El lecho mayor es el límite de las crecidas excepcionales. (MEDDE France, 2004)

**Lecho menor:** el lecho ordinario de una corriente de agua. (MEDDE France, 2004)

**Medidas de mitigación:** conjunto de medidas de una intervención humana para reducir las fuentes de gases de efecto invernadero o mejorar su absorción por los sumideros (GIEC, 2001). Este tipo de medida no está directamente relacionada con el riesgo de inundación.

**Medidas de adaptación:** conjunto de medidas de adecuación de los sistemas naturales o humanos a las condiciones propias de un entorno nuevo o cambiante.

### **Meteorología**

**Modelo climático (*climate model*):** representación digital del sistema climático basado en las propiedades físicas, químicas y biológicas de sus componentes y procesos de interacción y retroacción, y que refleja una parte de sus propiedades conocidas (GIEC, 2013).

**Módulo,** también denominado módulo interanual: caudal interanual definido como el promedio de los caudales anuales durante un período de observación suficientemente largo para ser representativo de los caudales medidos o reconstituidos. Caracteriza la corriente de un año "promedio"; (MEDDE France, 2015)

**Período de retorno (*return period*) de una crecida:** inversa de la probabilidad anual de desbordamiento de la crecida (Ledoux, 2006)

**Precipitación (*precipitación*):** conjunto de aguas (en forma líquida o sólida tal como nieve o granizo) que cae en la superficie del suelo, bajo el efecto del cambio de temperatura o de presión.

**QMNA:** caudal mínimo mensual de un año hidrológico. Se calcula estadísticamente para algunos períodos de retorno (por ejemplo, 5 años, que se escribirá QMNA5), a partir de los caudales promedio mensuales (por mes calendario); (MEDDE France, 2015)

**Régimen permanente:** régimen de flujo del agua para el cual el caudal es constante en el tiempo (por ejemplo, adecuado para flujos en río en estiaje o en régimen promedio). El régimen permanente puede ser uniforme (las características geométricas del canal y la rugosidad son constantes en el tramo considerado) o variado (geometría y rugosidad varía a lo largo del tramo). (Degoutte, 2012)

**Régimen transitorio:** régimen de flujo de agua para el cual el caudal varía en función del: el flujo de un río en crecida se asocia típicamente a un régimen transitorio. (Degoutte, 2012)

**Respuesta hidrológica (*hydrological response*):** el tipo de reacción de un territorio cuando hay precipitación.

**Red hidrográfica (*waterway o water system*):** todos los canales, corrientes de agua y ríos, naturales o artificiales, permanentes o temporales, que participan en el flujo de agua en una cuenca determinada. (Musy, 2005)

**Resiliencia (*resilience*):** la capacidad de resistencia de un sistema expuesto a una amenaza, o de recuperarse de una manera oportuna y eficaz. (UNISDR, 2009)

**Riesgo de desastres (*disaster risk*):** el potencial de pérdida catastrófica de vidas humanas, estado sanitario, medios de subsistencia, activos y servicios, en lo que respecta a una comunidad o sociedad, especificado para un período futuro. (UNISDR, Terminology, 2009)

**Tiempo de respuesta (*basin lag o lag time*):** intervalo de tiempo entre el centro de gravedad de la precipitación neta y la cresta de la crecida;

**Tiempo de subida:** intervalo de tiempo entre el comienzo de la esorrentía y cuando se alcanza el caudal máximo;

**Tiempo base:** intervalo de tiempo total de esorrentía debido a una precipitación;

**Tiempo de concentración (*time of concentration*):** intervalo de tiempo necesario para que una partícula de agua caída en la parte de la cuenca más alejada hidrológicamente llegue al exutorio.

**Vulnerabilidad (*vulnerability*):** propensión al daño o disfunción de los diferentes elementos expuestos (bienes, la gente, las actividades, funciones, sistemas) que constituyen un territorio y una sociedad determinados. (Leone & Vinet, 2011)

## Anexo 2 - El impacto de las inundaciones en los países de intervención de la AFD desde 1990

De acuerdo con la base de datos internacional EM-DAT (D. Guha-Sapir, R. Below, Ph. Hoyois - EM-DAT: The CRED/OFDA International Disaster Database – www.emdat.be – Université Catholique de Louvain – Brussels – Belgium.)

Nombre	Número de inundaciones	Número de muertes	Número de personas afectadas	Daños estimados (miles de dólares)
Afganistán	69	4,136	617,539	87,000
Sudáfrica	25	517	506,471	909,724
Argelia	35	1,494	238,442	1,480,917
Angola	29	561	1,098,219	10,000
Bangladesh	58	5,605	127,170,897	8,044,300
Benín	15	122	2,047,547	3,315
Birmania	19	462	1,118,412	136,655
Bolivia	24	674	2,820,455	1,139,500
Botsuana	7	35	158,102	5,000
Brasil	76	2,756	7,234,065	4,832,670
Burkina Faso	13	131	548,961	150,176
Burundi	20	132	90,638	-
Camboya	18	1,641	13,275,587	1,419,100
Camerún	14	126	374,376	-
Cabo Verde	1	3	150	-
China	201	28,196	1,830,502,400	203,998,228
Colombia	53	2,091	10,582,299	3,443,003
Comoras	2	6	67,637	5,000
Congo	9	28	173,114	59
Costa de Marfil	8	114	8,875	-
Yibuti	3	196	240,000	2,119
Egipto	9	669	168,498	141,000
Ecuador	18	505	793,858	1,309,800
Etiopía	42	1,905	2,243,256	18,300
Gabón	1	1	77,845	-
Ghana	16	427	3,857,190	33,500
Guinea	10	19	371,426	-
Guinea-Bisáu	4	5	58,542	-
Haití	35	3,100	561,088	1,000
India	178	35,775	555,474,809	48,025,329

Nombre	Número de inundaciones	Número de muertes	Número de personas afectadas	Daños estimados (miles de dólares)
Indonesia	121	4,269	6,844,634	6,528,609
Jordania	2	10	18,000	1,000
Kenia	43	1,175	2,922,123	148,338
Laos	16	144	3,832,743	143,828
Líbano	1	-	17,000	-
Madagascar	6	66	159,987	150,000
Malí	19	106	252,692	-
Marruecos	20	1,150	232,896	295,200
Mauricio	1	11	82	-
Mauritania	14	53	173,419	-
México	41	1,719	4,376,674	4,215,000
Mozambique	26	1,291	7,274,644	668,600
Namibia	13	264	1,099,450	20,490
Níger	19	288	1,527,381	67,474
Nigeria	40	1,281	9,985,009	613,422
Uganda	18	268	1,062,845	4,171
Pakistán	64	10,302	62,862,129	19,798,378
Perú	33	798	3,026,364	50,000
Filipinas	113	2,169	23,988,789	3,511,882
República Centroafricana	14	16	170,396	-
Rep. Democrática del Congo	21	358	265,960	15,000
República Dominicana	21	780	216,280	97,725
Ruanda	10	132	64,061	9
Senegal	15	80	1,180,211	50,979
Seychelles	2	5	5,672	1,700
Sudán	30	758	4,346,457	533,200
Sudán del Sur	4	146	738,000	-
Sri Lanka	44	826	10,951,003	925,130
Santa Lucía	2	6	21,984	-
San Vicente y Granadinas	3	15	17,897	108,000
Surinam	2	5	31,548	-
Siria	1	6	-	-
Tanzania	29	673	615,999	3,790
Chad	15	258	1,389,544	11,000
Territorios palestinos	4	5	14,500	-
Tailandia	60	2,734	46,742,347	44,299,762
Togo	11	72	591,600	-
Túnez	6	82	185,508	242,800
Turquía	29	503	1,713,820	2,180,500
Vietnam	67	4,513	23,429,563	3,746,227
Zambia	16	60	4,349,008	20,700

Nombre	Número de inundaciones	Número de muertes	Número de personas afectadas	Daños estimados (miles de dólares)
Zimbabue	12	298	345,522	296,500

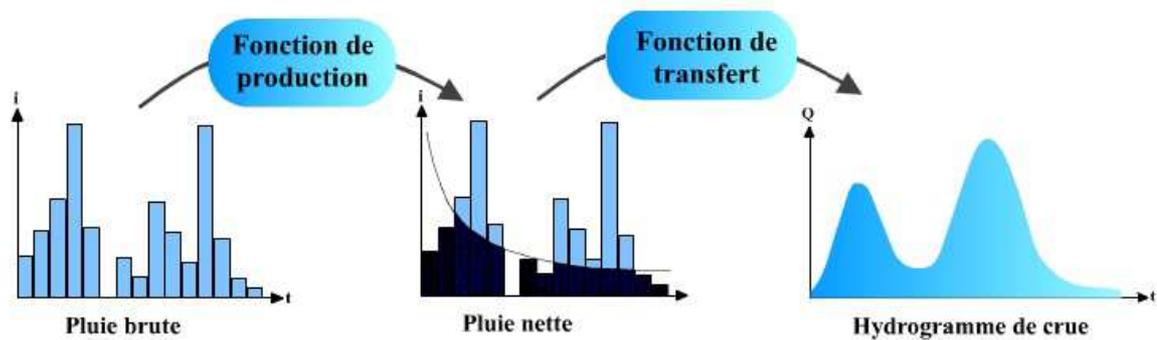
## Anexo 3 - Conceptos claves del origen de la amenaza de inundación

La hidrología es uno de los factores claves que influyen en el riesgo de inundación. Hay diferentes tipos de enfoques de hidrología. Uno de los enfoques es **la hidrología determinista**: se trata de analizar los procesos hidrológicos, utilizando un enfoque determinista para investigar las respuestas de los sistemas hidrológicos en términos de varios parámetros (tales como el uso de suelos y la topografía, por ejemplo). Un segundo enfoque es **la hidrología estadística** que se basa en el análisis estadístico de los datos adquiridos a partir de estaciones de medición de alturas convertidas en caudales, por diferentes métodos. La precisión de los resultados de este enfoque estadístico depende de varios factores, principalmente:

- La calidad del método de conversión de las alturas en caudales (a menudo se usan curvas de calibración, que dan leyes de conversión de altura a caudal, pero que son más o menos bien calibradas);
- El tamaño del registro de los datos medidos. Entre más se dispone de datos antiguos, más las extrapolaciones estadísticas pueden considerarse fiables.

En hidrología determinista, que se utiliza especialmente para pequeñas cuencas de menos de 200 km<sup>2</sup>, la respuesta hidrológica de una cuenca determinada puede ser estudiada a partir del análisis de **la transformación lluvia-cauda** para determinar el **hidrograma de la crecida**, es decir, la evolución del caudal al exutorio de la cuenca en función del tiempo. Una de las complejidades proviene de la distribución espacial de la precipitación, y que a menudo se pasa por alto, pero cuyo conocimiento es fundamental para evaluar correctamente los volúmenes de precipitación. Esta transformación se lleva a cabo aplicando sucesivamente dos funciones (Figura 14):

- La función de producción: esta permite convertir la lluvia bruta en lluvia neta. Es específica de una determinada cuenca e integra las características de uso del suelo y de vegetación y las condiciones climáticas (véase el capítulo 0);
- La función de transferencia: permite convertir la lluvia neta en caudal en el exutorio e integra las características físicas, topológicas, geológicas y meteorológicas (véase el capítulo 0).

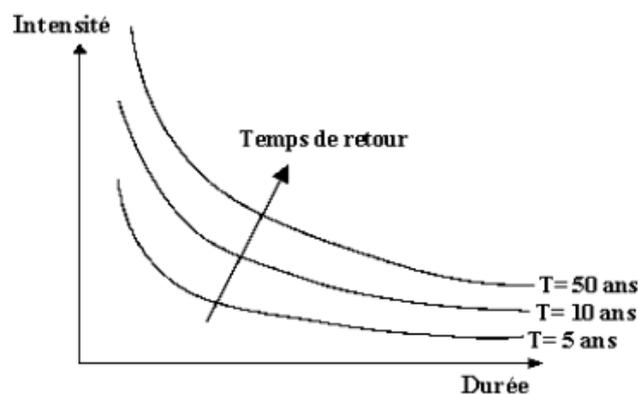


**Figura 15: Transformación Lluvia-Caudal: función de producción y función de transferencia (adaptada de Musy 2005)**

Una vez que el agua ha llegado a una corriente, los flujos se rigen principalmente por la morfología de los cauces y los mecanismos de la hidráulica (véase capítulo 0).

#### *De la pluviometría a las escorrentías (función de producción)*

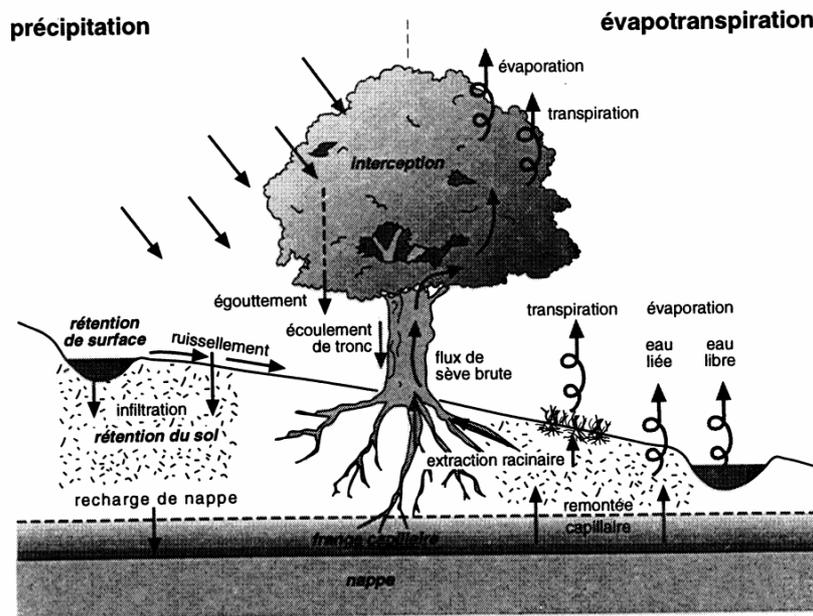
El análisis de precipitación es complejo debido a sus variaciones espacio temporales (debido por ejemplo al movimiento de la perturbación o a los cambios de temperatura o presión). Los principales parámetros estudiados son la **altura del agua** o **lámina de agua** descendente sobre una unidad de área, y la **intensidad**, es decir, la cantidad de agua que ha caído por unidad de tiempo. La variación en la intensidad en un punto dado en el tiempo puede ser representada gráficamente bajo la forma de un **hietograma**.



**Figura 16: Representación de las curvas IDF (Musy, 2005)**

El análisis estadístico de los datos de precipitación permite establecer las **curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia**, usualmente llamadas **curvas IDF** (Figura 15). Estas ilustran gráficamente y sintéticamente los conocimientos pluviométricos en un punto dado estableciendo la relación entre la intensidad, duración y frecuencia de las lluvias. Se utilizan en particular para estimar los

caudales para un tipo determinado de lluvia, y para el dimensionamiento de obras.



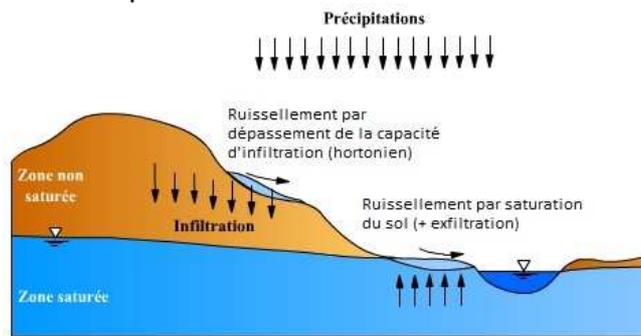
**Figura 17: Los procesos hidrológicos (Ambroise, 1998, p. p 26)**

Varios procesos hidrológicos participan en la **respuesta hidrológica** de un territorio, es decir la forma en que reacciona cuando ocurre una precipitación (Figura 16):

- La interceptación y la evapotranspiración: estos dos procesos están estrechamente vinculados (**Musy, 1998**), y son influenciados por factores similares (temperatura, presión, humedad del aire, radiación solar, tipo de plantas, densidad, cubierta vegetal, la duración, la intensidad y altura de la lluvia). Las aguas interceptadas o evaporadas no participan en las corrientes;
- La infiltración y la percolación: el proceso de infiltración varía durante un episodio de lluvia dependiendo de la intensidad de la lluvia y de la capacidad de infiltración del suelo (ambas de los cuales varían en el tiempo): cuando la intensidad es mayor a la capacidad de infiltración, una parte del agua no se infiltra y se acumula en la superficie. Por lo tanto, se puede drenar por gravedad en la superficie del suelo: esta es la escorrentía. Esto se opone directamente al proceso de infiltración.
- Las corrientes, incluidos los flujos de escorrentía: entre los diferentes tipos de corriente, la escorrentía es el que más contribuye a la amenaza de inundación. En la literatura, hay tres tipos de escorrentía, ilustrados en la Figura 17: (**Musy, 2005**) (**Armand, 2009**) (**Mounirou, 2012**)
  - o Escorrentía al superarse la capacidad de infiltración. Este tipo de escorrentía se produce particularmente en cuencas con escasa

vegetación sometidas a climas áridos o semiáridos con intensidades pluviométricas elevadas (**Armand, 2009**);

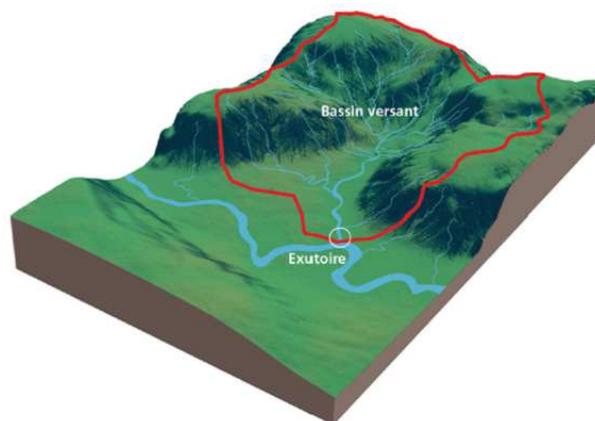
- Escorrentía por saturación del suelo. Este tipo de escorrentía se produce en particular para las lluvias de baja intensidad que caen en un suelo previamente empapado, particularmente debido a la presencia de un manto freático cerca de la superficie o después de lluvias prolongadas. (**Mounirou, 2012**)
- Escorrentía por exfiltración.



**Figura 18: Tipos de escorrentía (adaptado de Musy 2005)**

*La concentración de los flujos dentro de una cuenta hidrográfica (función de transferencia)*

En una **cuenca hidrográfica**, los flujos se realizan a lo largo de la red hidrográfica propia de la cuenca y tienden a la concentración de aguas en el **exutorio**, es decir, el punto más bajo de la cuenca río abajo (Figura 18). (Musy, 2005)

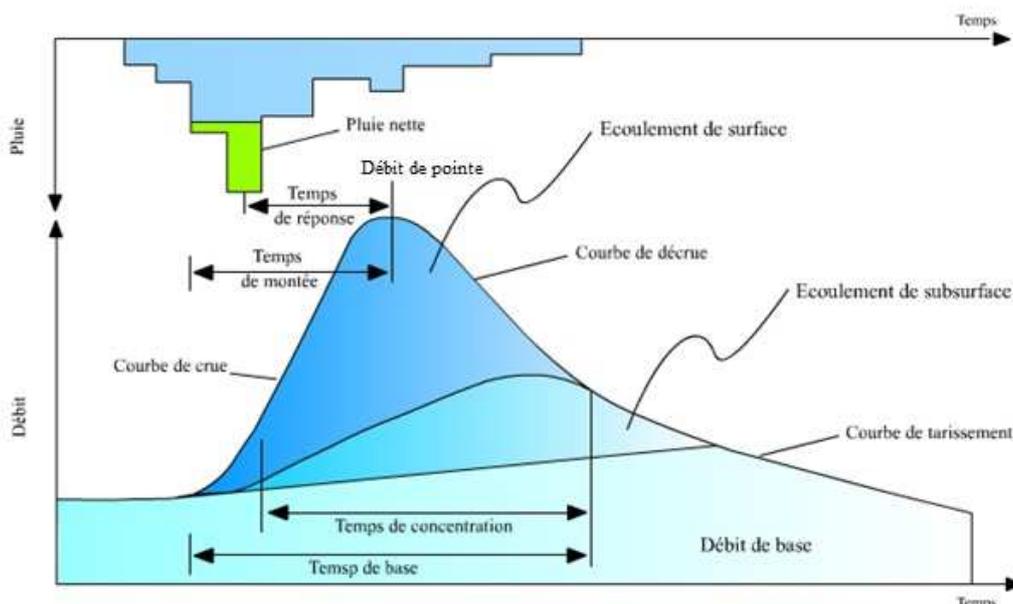


**Figura 19: Ilustración de una cuenca y su exutorio (MEDDE France, Les inondations - Dossier d'information, 2004)**

El hidrograma de crecida resume la respuesta hidrológica de una cuenca determinada para un episodio de lluvia determinado. Esta respuesta depende sobre todo de la **topografía de la cuenca hidrológica** (entre más

pronunciadas sean las pendientes, más rápida será la respuesta hidrológica: hidrograma en forma de campana) y el **uso de los suelos** (entre más urbanizada esté la cuenca, más rápidos serán los flujos. Por el contrario, la vegetación tiende a ralentizar los flujos y favorecer el proceso de infiltración).

La Figura 19 presenta un ejemplo de hidrograma de crecida de una cuenca hidrográfica en respuesta a una precipitación. El hidrograma de crecida se divide en dos partes principales: **la crecida** (correspondiente al tiempo en el que el caudal aumenta hasta alcanzar el caudal máximo: el caudal punta) **y la decrecida** (donde el caudal en el exutorio comienza a disminuir para regresar al caudal inicial). La crecida se extiende desde río arriba a río abajo de la corriente de agua, creando una **onda de crecida**. Los tiempos diferentes que se identifican en la figura se definen en el léxico del informe. Notemos en particular el **tiempo de concentración**, que corresponde al tiempo necesario para que una partícula de agua caída en la parte de la cuenca más alejada hidrológicamente llegue al exutorio.



**Figura 20: Ejemplo de hietograma y de hidrograma en respuesta a un episodio lluvioso (Musy, 2005)**

Las grandes cuencas hidrográficas (grandes ríos) se asocian con tiempos de concentración largos (semanas), mientras que las pequeñas cuencas hidrográficas de regiones montañosas responden a la lluvia en pocas horas. Las cuencas urbanas, generalmente de superficies altamente impermeabilizadas (poco efecto temporizador de la infiltración) responden en unas pocas decenas de minutos.

## *Los flujos en una corriente de agua - noción de hidráulica y de morfología fluvial*

### Hidráulica fluvial

Una vez que el agua ha alcanzado el río, los mecanismos implicados son parte de la hidráulica fluvial. Es importante distinguir la diferencia entre el concepto de inundación y crecida. Como se mencionó antes, la inundación es una inmersión temporal de terrenos que normalmente están fuera del agua. La crecida a su vez corresponde con el aumento del caudal de un río (MEDDE France, 2004). Por lo tanto, una crecida no genera sistemáticamente una inundación. A la inversa, **el estiaje** se define como el período de nivel de agua bajo durante el cual el caudal de una corriente de agua alcanza su nivel mínimo (MEDDE France, 2004).

El agua puede fluir a lo largo de diferentes regímenes de flujo: (Degoutte, 2012)

- Régimen permanente para el cual el caudal es constante en el tiempo (por ejemplo, adecuado para flujos en río en estiaje o en régimen medio).
- Régimen transitorio para el cual el caudal varía con el tiempo: el flujo de un río en crecida se asocia típicamente a un régimen transitorio.

**La hidráulica fluvial juega un papel particularmente importante con respecto a la amenaza de inundación entre más grande es la cuenca hidrográfica.** Cuando la pendiente es pronunciada que la llanura de inundación es reducida, la crecida se propaga sin ser amortiguada, y la relación (Qy) permanece inequívoca (onda cinemática). Cuando la pendiente es baja, la inundación se amortigua y la relación (Qy) no es inequívoca (onda difusiva). El amortiguamiento de una crecida destaca el papel beneficioso de las llanuras de inundación. Los diques o muros de contención en el lecho mayor tienen el efecto de eliminar estos amortiguamientos. Al hacerle caso omiso, transformamos una onda difusiva en onda cinemática. Las consecuencias pueden ser muy graves para los ribereños que viven río abajo.

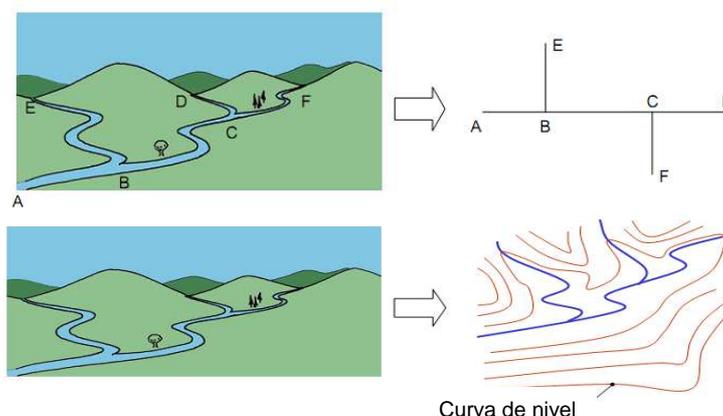
### Modelación hidráulica

Los modelos hidráulicos (como Infoworks, Mike Urban, Mike Flood, HydraRiv, Hydranet, Canoe) se utilizan principalmente para **simular una realidad ficticia** (que aún no ha sucedido, incluso para **poner a prueba los efectos de un nuevo ordenamiento**) o para **entender el funcionamiento hidráulico de una realidad pasada como una crecida**. Se utilizan para calcular los valores de caudales, velocidades, niveles de agua y los volúmenes desbordados (que

salen de un sistema de drenaje cerrado o que fluyen a través del lecho mayor de una corriente de agua) en cada paso de tiempo y en diferentes "nodos" de la red hidrográfica modelada, para un episodio hidrológico específico.

Hay modelos conocidos como modelos 1D (dimensión modelada) que se utilizan más comúnmente ya que son más sencillo de implementar (y que requieren menos datos geométricos y topográficos) que los modelos 2D (2 dimensiones modeladas) (Figura 20). Los detalles de cada tipo de modelo se detallan en el Anexo 2 de este informe.

Para ser fiables, los modelos deben ser calibrados, por ejemplo, a partir del historial de los caudales o alturas del agua, y las marcas del nivel de agua durante las crecidas.

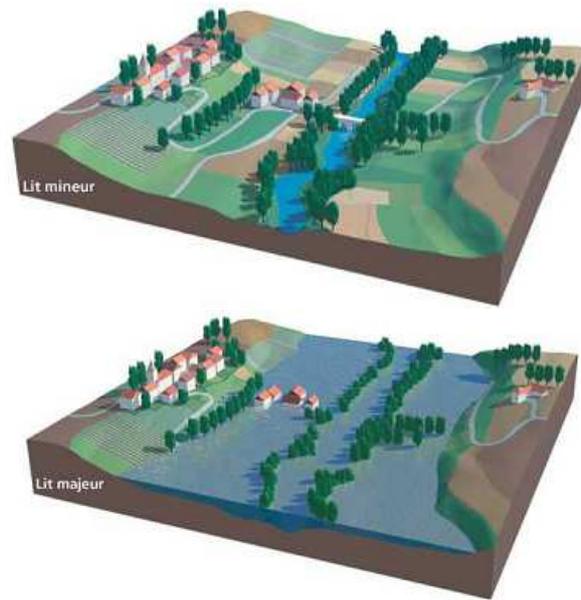


**Figura 21: Ilustración de un modelo 1D (parte superior) y un modelo 2D (parte inferior) (Guinot, 2003)**

### Morfología fluvial

Una crecida puede alcanzar diferentes niveles de importancia en función del nivel de agua alcanzado. Un río se compone de varios tipos de lecho (Figura 21): **el lecho menor y el lecho mayor**. En el lecho mayor, se distinguen dos tipos de zonas: (MEDDE France, 2004)

- Las zonas de flujo cerca del lecho menor, con un riesgo significativo debido a la fuerza de la corriente;
- Las áreas de expansión de las crecidas, donde las velocidades son bajas, y que permiten reducir los caudales río abajo y alargar la duración de los flujos (**Bassin de la Sarthe Amont, 2007**) .



**Figura 22: Los diferentes lechos de un río (MEDDE France, Las inundaciones – Dossier de información, 2004)**

Durante las crecidas, los desechos arrastrados por el agua son susceptibles de acumularse hasta formar una barrera que obstruye el flujo de agua: Este es el fenómeno de **presa** (MEDDE France, 2004) . El **desfogue** significa la ruptura repentina de estos tapones naturales.

## Anexo 4 – Diferentes enfoques operativos de la gestión integrada del riesgo de inundación

---

Se han puesto en marcha varios enfoques operativos tendientes a la gestión integrada del riesgo de inundación, sobre todo en los países desarrollados. Los siguientes párrafos presentan los principales enfoques implementados, que tienen cada uno su propio interés frente al riesgo de inundación.

La experiencia ha demostrado la dificultad de encontrar modelos operacionales que puedan funcionar en la población y las instituciones interesadas. De hecho, la aplicación en el terreno del concepto de gestión integrada de las inundaciones no sigue siempre la línea de la estrategia prevista en teoría. Para lograr esto, es necesario fortalecer la cultura del riesgo hasta que las partes interesadas tomen conciencia de la importancia de tratar estos temas, sobre todo en los países en desarrollo. **Así, la motivación de las partes interesadas es, de hecho, más importante que la forma en que se define la gestión integrada del riesgo de inundación.**

### *El enfoque internacional de Marco de Sendai*

A nivel internacional, **el marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres** (3era conferencia mundial sobre la reducción de riesgos y desastres celebrada en Sendai, Japón en marzo de 2015) es **la referencia en términos de estrategia para la reducción del riesgo de desastres** en el sentido amplio, que incluye el riesgo de inundación en primer lugar. (UNISDR, Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophes 2015-2030, 2015)

Su objetivo **es prevenir los nuevos factores** que representan un riesgo de desastres y **reducir los riesgos existentes** a través de medidas integradas y globales en los ámbitos económico, estructural, legal, social, cultural, ambiental, tecnológico, político, institucional, de la salud y la educación que previenen y reducen la exposición a los peligros y la vulnerabilidad a los desastres, mejoran la preparación para la respuesta a los desastres y las actividades de recuperación, y por lo tanto refuerzan la resiliencia.

El Marco de Sendai identifica cuatro prioridades de acción, necesarias para enfocar las acciones realizadas dentro o entre sectores por los Estados

contribuyentes a nivel local, nacional, regional y mundial. Estas acciones prioritarias son las siguientes:

- **Prioridad 1 - Comprender el riesgo de desastres:** Las políticas de gestión del riesgo de desastres deben basarse en la comprensión de los riesgos de desastres en todas sus dimensiones: la vulnerabilidad, las capacidades y la exposición de las personas y los bienes, las características de las amenazas y el medio ambiente.
- **Prioridad 2 - El fortalecimiento de la Gobernanza del riesgo de desastres para gestionarlos mejor:** tal fortalecimiento promueve la colaboración y las asociaciones entre mecanismos e instituciones para la aplicación de los instrumentos pertinentes para la reducción del riesgo de desastres y el desarrollo sostenible.
- **Prioridad 3 - Invertir en la reducción de riesgos para efectos de resiliencia:** la inversión pública y privada a través de medidas estructurales y no estructurales es clave para reforzar la resiliencia económica, social, sanitaria y cultural de las personas, entidades, países y de sus bienes y para preservar el medio ambiente.
- **Prioridad 4 - Reforzar el estado de preparación para desastres** para responder con eficacia y para "reconstruir mejor" en la fase de recuperación, de rehabilitación y de reconstrucción

#### *El enfoque de las "3 P": Predicción, Prevención, Protección*

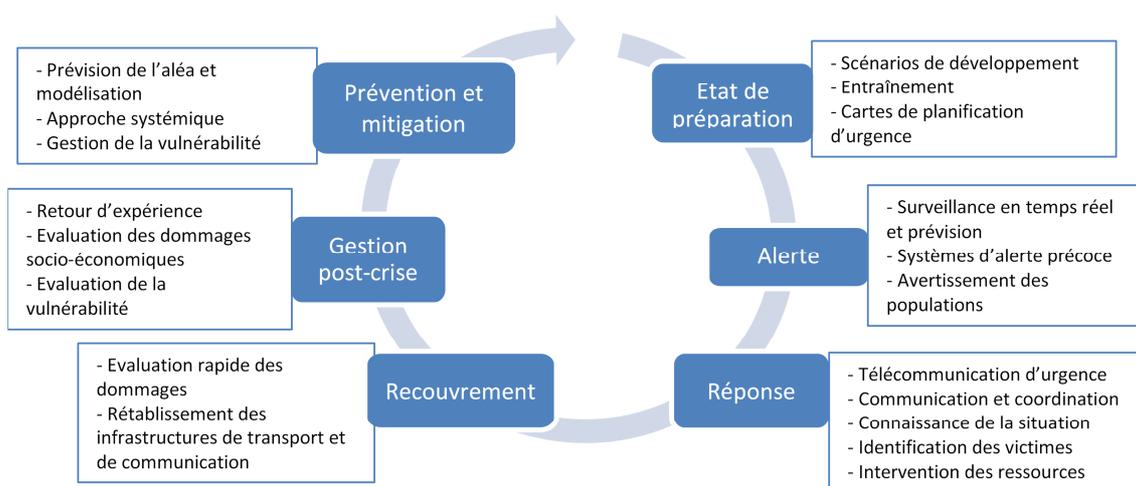
En enfoque global "Predicción, Prevención, Protección", también conocido como "3P", tiene la ventaja de ser fácil de aplicar, desde la etapa en que se inicia la consideración del riesgo de inundación. Este tríptico se refiere a lo siguiente: (Doussin, 2009)

- **Predicción:** *para predecir mejor la incidencia de inundaciones y sus consecuencias, su gestión. Este componente incluye herramientas de predicción meteorológicas y mediciones hidrológicas, y también los medios de alerta y de difusión de información antes de la crisis a las personas y organismos expuestos. Este componente debe facilitar la reacción ante una inundación*
- **Prevención:** *organizar la vida de los territorios inundables con base en el riesgo para disminuir la vulnerabilidad de los territorios y bienes expuestos. La prevención incluye medidas para comprender mejor las zonas inundables, difundir información y promover la sensibilización de los ribereños, limitar la*

urbanización en zonas inundables, reducir la vulnerabilidad de los bienes expuestos, mantener el lecho y las obras existentes, preservar las áreas de expansión de crecida y administrar el uso del suelo con el fin de evitar un aumento de los flujos, etc. La prevención es también la preparación para el acontecimiento y la gestión de crisis para volver al funcionamiento normal de las redes y estructuras. Este componente permite evitar que una gran inundación se convierta en un desastre;

- **Protección:** Para proteger los bienes y a las personas por medio de obras cercanas (diques de contención de las crecidas) o distantes (obras para ralentizar y contener los flujos río arriba de las zonas expuestas, etc.)". Este enfoque integra por lo tanto la propia infraestructura, además de las medidas no estructurales.

### El enfoque cíclico para la gestión de desastres



**Figura 23: El ciclo de gestión de desastres, adaptado de la OCDE de 2009**

Una forma, clásica en Europa, de comprender la gestión del riesgo de inundación consiste en tener en cuenta, en un enfoque cíclico, todas las actividades, programas y medidas que se pueden poner en marcha antes (prevención, mitigación, estado de preparación), durante (alerta, respuesta) o después de un desastre (recuperación, gestión posterior a la crisis, y de nuevo prevención y mitigación): este es **el ciclo de gestión de desastres** (Figura 22) (OCDE, 2009).

Este enfoque tiene la ventaja de integrar la temporalidad del riesgo de desastres y la repetición de los acontecimientos. No obstante, ha sido objeto de algunas disputas, algunos lo consideran demasiado simple o estiman que la

visión cíclica no es del todo completa o adecuada para la gestión de riesgo de desastres. No obstante, proporciona un marco interesante e iniciador de un proceder integrado para la gestión del riesgo de inundación, en la medida en que interpela al conjunto de sus componentes principales.

### *Un enfoque acoplado entre la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) y la consideración del riesgo de inundación*

La Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) se basa en una visión global que tiene en cuenta la dinámica de los recursos hídricos en zonas naturales, tales como cuencas hidrográficas o acuíferos. Se basa en la participación de todos los actores del ámbito del agua en un nuevo marco de gestión, para conciliar los diferentes usos para el desarrollo continuo de una región o país, preservando las necesidades de las generaciones futuras. Por lo tanto, incorpora la problemática de la gestión sostenible de los recursos, el equilibrio entre la demanda de agua y el recurso disponible, la definición de prioridades y reglas aceptadas porque al ser elaboradas en conjunto, permite manejar los diferentes usos del agua y sus potenciales conflictos.

Es particularmente interesante **combinar el enfoque integrado de la GIRH con la gestión integrada del riesgo de inundación en países sometidos a estrés hídrico**. La GIRH considera la gestión del riesgo de inundación como un componente de gestión del agua, ya que los ordenamientos o los métodos de gestión del agua influyen en la vulnerabilidad ante el riesgo de inundación. La GIRH implica un enfoque transversal de la gestión del agua en su territorio hidrológico de referencia, la cuenca, y su interacción con las políticas sectoriales (agua, energía, agricultura y pesca, industria, turismo, etc.). La gestión del agua se basa en un enfoque de participación de los usuarios, los planificadores y los responsables políticos a todos los niveles, desde la gestión local para avanzar hacia una gestión global: así implica una solidaridad río arriba - río abajo a nivel de la cuenca hidrográfica. Considera el hecho de que el recurso hídrico está repartido de manera desigual en el territorio y en el tiempo, y que un acceso "equitativo" al agua según los usos, implica una forma de gestión concertada y colectiva.

Dependiendo de la naturaleza de los recursos hídricos —aguas superficiales o subterráneas— la gestión integrada puede tener en cuenta todos los aspectos relacionados con el riesgo de inundación:

- la reducción del riesgo de inundación por medio de obras estructurales de retención, almacenamiento, ralentización o de protección río arriba, o el ordenamiento de las zonas de expansión de las crecidas en las zonas rurales río arriba de las áreas urbanas;
- la gestión de las aguas pluviales en zonas urbanas: obras estructurales para el sistema de aguas pluviales, acondicionamiento de exutorios, obras de almacenamiento de aguas lluvia que luego pueden ser reutilizadas para las actividades humanas fuera del consumo de agua potable (lavar, cocinar, agua para el ganado, etc.);
- Protección de las redes de abastecimiento de agua potable y de los tanques para evitar la contaminación en caso de inundación;
- la captación de las aguas residuales (alcantarillado) y las obras (usos, alcantarillas debajo de puentes): consideración del riesgo de inundación para el dimensionamiento de las obras;
- y las formas de gestión de los ríos: gestión alternativa de los flujos, gestión pluvial por parcela, zona de expansión de crecidas, estrategia de tránsito.
- La gestión de las aguas subterráneas ayuda a prevenir el hundimiento del suelo, lo que mitiga el riesgo inundación en llanura y protege los edificios e infraestructuras del riesgo de colapso debido al hundimiento del terreno.

## Anexo 5 - Los métodos de dimensionamiento de las obras de protección contra inundaciones

---

Cualquiera que sea la obra de protección prevista, los métodos de dimensionamiento pasan por varios pasos presentados en este anexo. El primer paso es elegir el período de retorno del acontecimiento para el cual se requiere protección, o seleccionar el acontecimiento para el cual se desea protección. En este último caso, en general, tratamos de evaluar el período de retorno del acontecimiento. Entonces, de acuerdo con el conocimiento de la amenaza a la altura de donde se quiere construir la obra, los métodos de diseño pasan por el uso de las siguientes herramientas:

- **Para cuencas o sub-cuencas hidrográficas inferiores a 200 ha:** se utiliza una lluvia de proyecto, construida más a menudo con el conocimiento de los coeficientes de Montana, o, si están disponibles, utilizando las curvas IDF. Luego, usando un modelo simple de transformación de flujo de lluvia en caudal se calculan los caudales punta en los exutorios y los volúmenes desbordados. Esto permite dimensionar las obras de drenaje o de almacenamiento necesarias para drenar los caudales punta, o almacenar los volúmenes para reducir el caudal punta en el exutorio. Si se sabe de un evento pluviométrico y sus consecuencias, podemos comprobar en especial el coeficiente de impermeabilización del modelo y de ser necesario, calibrar mejor el modelo. De hecho, el coeficiente de impermeabilización es el que condiciona más fuertemente los resultados del modelo. La cartografía de la cuenca es muy importante, pero en ausencia de cartografía, un trabajo de campo y los conocimientos en pedología son los que permitirán evaluar un buen coeficiente de impermeabilización. Incluso cuando no hay datos de precipitación, existen en casi todos los países coeficientes de Montana que permiten calcular lluvias de proyecto. Estos coeficientes pueden a veces datar de los años 60, ya que muchos han sido calculados en los países donde se implantó ORSTOM. En el peor de los casos, hay informaciones sobre la pluviometría general del país, y un experto aguerrido será capaz de extrapolar coeficientes de Montana bastante representativos, y tomará un margen de seguridad para tener por lo menos la evaluación de un evento decenal;
- **Para cuencas entre 200 ha y decenas de miles de hectáreas:** todo lo que se ha dicho anteriormente se aplica, pero también hay que construir un modelo de propagación hidráulico para simular flujos en superficie libre y en canalización. Estos modelos simulan los cambios en las variaciones de caudal, volúmenes desbordados o almacenados en varios "nodos" de la red hidrográfica natural o artificial, como la red de

drenaje y canales. La construcción de un modelo hidráulico, si se realiza para simular los flujos en una red existente requiere el conocimiento de la geometría y la pendiente de las obras. Una vez más, una visita de campo permitida de verificar la existencia y el estado de las obras para evaluar su rugosidad y dado el caso, comprobar su pendiente y su sección real (es decir, por ejemplo, su nivel de encenagamiento o la existencia de infraestructuras lineales que las atraviesan, reduciendo así su sección hidráulica). La calibración del modelo hidrológico se hace sobre la misma base que en el caso de las cuencas pequeñas, y la calibración del modelo de propagación hidráulica se hace a priori a partir de los informes de las zonas inundadas y del conocimiento de las lluvias que provocaron la inundación. Los resultados del modelo hidráulico están condicionados por la exactitud de las geometrías y las pendientes de las obras, así como por la estimación de un coeficiente de rugosidad de las paredes de la red hidráulica, también llamado coeficiente de Strickler. Dado que el modelo es capaz de simular sucesos que llevan a cargas y desbordamientos, la calibración del modelo requiere que se evalúen los volúmenes desbordados. De modo que un buen conocimiento de la topografía de las zonas inundadas es una ventaja, ya que permite evaluar mejor los volúmenes inundados (es decir, los volúmenes que salen del sistema hidrográfico). Una de las dificultades consiste en saber dónde y cómo reinyectar los volúmenes desbordados en el sistema. La hipótesis que se utiliza más frecuentemente es la reinyección en la red de volúmenes desbordados a la altura del punto donde se desbordaron estos volúmenes.

- ***Para cuencas de más de 300 km<sup>2</sup> que son drenadas por una red hidrográfica natural, y en general por una corriente perenne:*** se utilizan datos de caudales (o de altura transformados en caudales) medidos en las estaciones hidrológicas existentes. La mayoría de las estaciones son de hecho un simple medidor que un agente lee cada día o incluso con menos frecuencia. El agente anota la altura que lee en este medidor. Se calibra el modelo con base en los caudales registrados en estas estaciones. Sin embargo, para estimar los acontecimientos extremos, para lo cual las series hidrológicas son demasiado cortas para ser precisas, se puede combinar un enfoque hidrológico estadístico con un enfoque de lluvia-caudal para determinar un acontecimiento que servirá para probar las zonas inundables y probar los efectos de las obras para reducir estas zonas inundables.

Una vez se han construido las herramientas de simulación, es bueno buscar diferentes soluciones y evaluar, con las herramientas construidas, cuál es la más eficaz de ellas. Para una eficacia igual, se implementará la solución con base en los siguientes factores: su costo, sus riesgos de fallo, su costo de mantenimiento, el espacio predial que posiblemente se utilice, y/o el impacto que tiene sobre la urbanización y el paisaje.

## Anexo 6 - Los diferentes tipos de radar utilizados para la predicción meteorológica

---

Hay muchos tipos de radar, de acuerdo con la frecuencia electromagnética seleccionada. Consideraremos tres tipos de radares utilizados principalmente en el ámbito meteorológico: (MétéoFrance s.d.)

- **el radar de banda X (alta frecuencia):** se trata de la nueva generación de radares. Su costo es inferior al de otros tipos de radares. La principal desventaja es la fuerte atenuación que sufre la señal, que puede conducir, por ejemplo a una falta de detección de una banda tormentosa, situada detrás de otra banda tormentosa;
- **radar de banda S (baja frecuencia):** permite detectar las precipitaciones intensas (aguaceros), pero tiene un eco débil, es decir, es más difícil detectar la señal retro-difundida por las gotas de lluvia;
- **radar de banda C (frecuencia media).** Según MétéoFrance, puede ofrecer un buen balance entre los otros dos tipos de frecuencias.

## Anexo 7 - Los diferentes modelos de sistemas de seguro

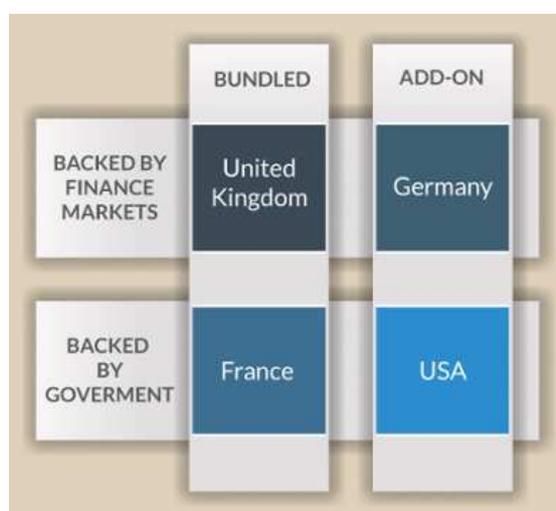
La concentración de vidas humanas, riqueza y actividad económica en las zonas expuestas a riesgos naturales suscitó la instauración de mecanismos para reducir las consecuencias perjudiciales de su incidencia. Entre ellos, los seguros juegan un papel central. Para estar de acuerdo en seguir instalándose en las zonas más propicias para el desarrollo económico, parece esencial que el público tenga una protección adecuada a un costo sostenible y asequible.

Para los países con un sistema de seguros, hay cuatro tipos principales de sistema (Maddox, 2014):

- **los sistemas inclusivos privados y públicos**
- **los sistemas opcionales privados y públicos**

La implementación de un sistema u otro se basa frecuentemente en la historia del país.

El sistema inclusivo privado existe en Inglaterra, Hungría, China. Es un sistema eficaz donde el riesgo de inundación se incluye sistemáticamente en todas las pólizas de seguro para mantener una cuenta de relativamente bajo costo, tomando en cuenta la base general.



**Figura 24: Varios tipos de seguro contra inundaciones (Maddox, 2014)**

El sistema inclusivo público es bastante similar, excepto que el Estado administra la cobertura obligatoria y el fondo mutualista. Este sistema es muy seguro para los aseguradores. Este sistema es un incentivo para que los gobiernos trabajen en la gestión de la cobertura del suelo a fin de que las

indemnizaciones no se incrementen. En cambio, les quitaría responsabilidad a los ciudadanos y en cierta medida a las aseguradoras.

El sistema opcional privado está presente en muchos países: Alemania, Austria, Sudáfrica, etc. El problema de este sistema radica en la debilidad de su base, el número de asegurados es bajo, las primas de seguro son altas, lo cual incentiva a asegurarse contra este riesgo.

El sistema opcional público es el sistema de los Estados Unidos, donde un fondo está gestionado por las autoridades: National Flood Insurance Program. La dificultad reside en la presión política para mantener primas más bajas que las primas actuariales lo que genera un déficit de capital. Por otra parte, este sistema no incentiva a las autoridades públicas para que actualicen los mapas que describen el riesgo.

### *Descripción de los sistemas de seguros en Europa*

La descripción del sistema de seguro que sigue se basa en particular en el informe especial elaborado por el Institut des Risques majeurs (IRMA) en Grenoble, que comparó el sistema francés con el de otros países europeos en 2007 (IRMA, Les arrêts de catastrophes naturelles en Rhône-Alpes).

- **Francia**

El sistema de indemnización de las víctimas de desastres naturales entró en vigor en Francia con la ley 82-600 del 13 de julio de 1982, ahora codificada en el código de seguros (artículos L125-1 a L125-6). Se basa en el principio de solidaridad nacional mediante el establecimiento de una contribución adicional obligatoria de toda persona que suscriba **un contrato de seguro contra todo riesgo de vivienda**. Esta contribución adicional de todos los asegurados permite extender la garantía contra los efectos de los desastres naturales en el caso de que el estado de desastre ha sido constatado por un decreto ministerial. Este reconocimiento del estado de desastre natural se basa en la intensidad "anormal" del fenómeno natural que ha causado los daños.

Los decretos Cat-Nat (de desastre natural) son uno de los criterios importantes para juzgar la vulnerabilidad de los territorios ante el riesgo natural. También plantean la cuestión de qué es un desastre natural para una sociedad a partir del momento en que un municipio puede ser declarado CAT-NAT debido una crecida decenal (período de retorno de 10 años) varias veces seguidas y con poco intervalo.

- **Gran Bretaña**

El sistema británico se basa en cuatro características principales:

- las indemnizaciones están a cargo de las aseguradoras privadas, en el marco de un mercado libre y competitivo.
- el sector de seguros cubre casi todos los riesgos de desastres naturales, incluida la sequía, pero a costa de pólizas fácilmente cancelables, clientes altamente volátiles, las primas muy moduladas y ciertas exclusiones por causa de riesgos excesivos.
- las autoridades británicas no intervienen ni en seguros ni en el reaseguro de los desastres naturales. Prácticamente no otorgan apoyos financieros con fondos públicos para las víctimas cuando se produce un desastre
- En cambio, llevan a cabo de varias formas, una política de prevención bastante activa.

Este sistema explica que la identificación de riesgos recae en cada uno de los propietarios, que debe designar una empresa con el fin de evaluar el riesgo al que están sometidos.

- **España**

El sistema español se caracteriza por una fuerte intervención del Estado en los desastres naturales, a través del Consorcio de Compensación de Seguros, una agencia pública de seguros (pero no de reaseguro). Esta tiene el monopolio de los seguros de los riesgos naturales. Goza de una garantía ilimitada del Estado (que, sin embargo, nunca ha tenido que ser implementada). Al igual que en Francia, el sistema se basa en el principio de la mutualización generalizada, que conlleva un seguro obligatorio y la no modulación de las primas de acuerdo con el nivel de riesgo. A diferencia de Francia, desde el 2004, el régimen español no tiene cero deducible en las indemnizaciones contra todo riesgo de viviendas y automóviles. También España tiene una política de prevención de desastres naturales, componente de su política de ordenamiento territorial y protección ambiental.

- **Alemania**

El régimen alemán se caracteriza por lo siguiente:

- un sistema de seguro libre: condiciones de cobertura son libres en términos de precios, de deducibles, de modulación de las primas y de las indemnizaciones basada en los riesgos cubiertos, lo que resulta en una tasa de seguro efectiva relativamente baja y en la práctica, un número significativo de casos de exclusión bastante alto. El riesgo de sequía no está asegurado y no existe ninguna cobertura de estos riesgos.

- la no intervención del Estado, el Bund y los Länder.

Sin embargo, cuando el alcance de los siniestros es importante, las finanzas públicas intervienen de manera masiva. El evento más importante de esta intervención fue la inundación del Elba en 2002, por el cual se dio apoyo público del orden de 7,100 millones de euros.

Alemania implementa una política bastante activa de prevención de desastres naturales, en especial con respecto a las inundaciones.

- **Suiza**

El sistema suizo se caracteriza por la coexistencia de un modelo de seguro privado y un modelo de seguro público, basado, en 19 municipios, en el monopolio local de establecimientos cantonales de seguros (ECA). El seguro contra daños debido a sucesos naturales es ahora una extensión obligatoria de los contratos de seguros contra incendios. Los aseguradores privados se agrupan en el *Pool suisse pour la couverture des dommages causés par les forces de la nature* (Pool suizo para la cobertura de los daños causados por fuerzas naturales). Este pool establece una doble solidaridad entre las aseguradoras y los asegurados. Los ECA han establecido un sistema de fondo común de riesgos con varios niveles de reaseguro:

- la Unión Inter-cantonal de Reaseguros (UIR) se asemeja a una organización de reaseguro que ofrece unas condiciones privilegiadas.

- cuando el total de los siniestros debido a elementos naturales alcanza cierto monto, los fondos CIREN (*Communauté Intercantonale de Risques Eléments Naturels* [Comunidad Inter-cantonal de Riesgos por Elementos Naturales]) apoyan el excedente de siniestros más allá de ese tope.

Además, Suiza lleva una política de prevención de desastres bastante elaborada. Esta política combina una fuerte participación de las autoridades públicas (ordenamiento territorial, urbanismo, reducción de riesgos, normas de construcción) y un rol activo de las aseguradoras.

## Anexo 8 - Análisis detallado de los territorios bajo riesgo

### Dakar (Senegal)

#### ❖ **Presentación general**

Dakar es la capital de Senegal, un país de África occidental que limita al oeste con el Océano Atlántico, al norte con Mauritania, al este con Malí y al sur con Guinea-Bisáu y Guinea. Si bien Dakar ocupa solo el 0.3 % del territorio nacional, la ciudad concentra más del 20 % de la población y la mayoría de las actividades económicas y servicios públicos (GFDRR, 2014).

#### **Cuadro 3: Información general sobre Senegal y Dakar**

Tipo de información	Valor	Fecha	Fuente
Población de Senegal	14.1 millones de habitantes	2014	Prevention Web
Población de Dakar	3.1 millones (23 % de la población)	2013	Agencia Nacional de Estadísticas y Demografía
Densidad de población	73.4 habitantes/km <sup>2</sup>	2014	Prevention Web
Clasificación PNUD	163/187	2013	Informe PNUD 2014 (ranking que data de 2013)

#### ❖ **Caracterización de la amenaza en Dakar**

##### **Los regímenes climático y pluviométrico**

La región de Dakar se encuentra en la parte central del Senegal (en la península de Cabo Verde) entre un clima desértico y caliente en el norte, y un clima tropical en el sur. El clima está marcado por dos estaciones principales:

- una estación lluviosa conocida como invernada, que se extiende de junio a octubre (período de verano);
- una estación seca de noviembre a mayo (período de invierno).

La región de Dakar tiene un tipo de microclima costero influenciado por los vientos alisios marítimos (noviembre a junio) y la estación de lluvias. La precipitación es generada por los vientos alisios provenientes del anticiclón de Santa Helena. Las cantidades de lluvia anuales en Dakar son generalmente

entre 400-500mm. El mes de agosto es particularmente lluvioso (BRL Ingénierie, 2015).

### Los agravantes de la amenaza

Los principales factores que provocan un empeoramiento de la amenaza son:

- **La subida de la capa freática** de Thiaroye (situada cerca de la ciudad de Pikine) debida principalmente a (i) la reducción de la explotación de la capa debido a las altas concentraciones de nitrato que hacen que el agua no sea apta para el consumo, y (ii) la infiltración de aguas pluviales durante la invernada y de aguas residuales (**Gouvernement du Sénégal, 2010**);
- **los impactos del cambio climático** en términos de:
  - o precipitaciones: las modelaciones de las precipitaciones para África Occidental son inciertas tanto en la magnitud del cambio como en el tipo de cambio (aumento/disminución), a pesar de la observación a partir de 1970 de una disminución global de las precipitaciones y una disminución en la duración de la invernada. Varios modelos climáticos globales del CMIP5 indican un aumento de las precipitaciones en plena estación lluviosa y un inicio tardío de la temporada de lluvias. Sin embargo, los modelos climáticos regionales pueden cambiar estas indicaciones. Los modelos regionales sugieren, sin embargo, un aumento de episodios de lluvia extremos en el Sahel entre mayo y julio (**GIEC, Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of the working group II to the Fifth Assessment Report of IPCC, 2014, pp. p 1209-1211**) (**Gouvernement du Sénégal, 2010**).
  - o el nivel del mar y la erosión costera: en su último informe, el IPCC estima que el nivel del mar seguirá aumentando durante el siglo 21 e incluso se acelerará. La erosión costera, iniciada desde 1980, se debe principalmente a la subida del mar, pero también a las actividades humanas (extracción de arena, construcciones en la costa). Es probable que la erosión aumente el riesgo de inundaciones costeras en Dakar (**GIEC, 2014, p. p 1140**).

### ❖ Caracterización de los bienes en juego y vulnerabilidades en Dakar

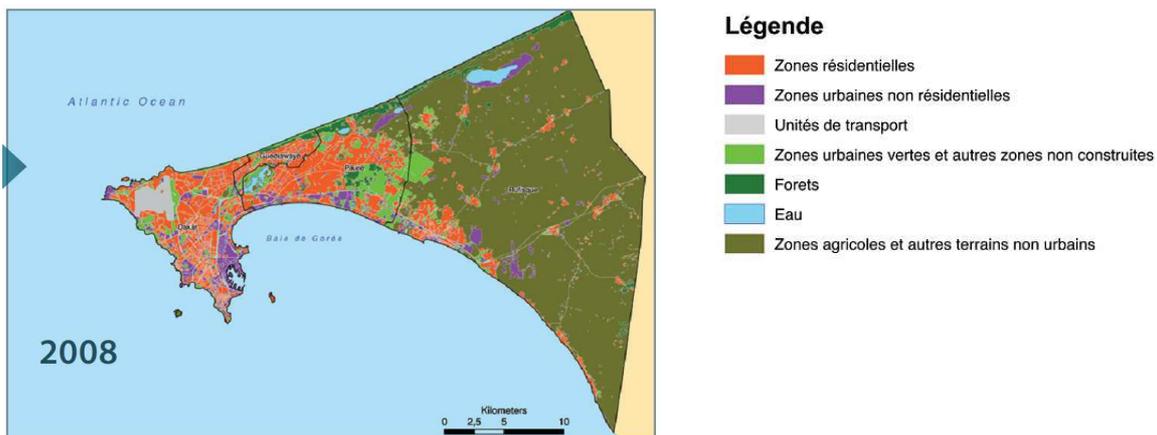
#### Características del urbanismo

La región de Dakar consta de 3 zonas principales:

- **una zona urbana** situada en el extremo de la península de Cabo Verde. Esta zona se caracteriza por un enclave físico y una concentración de las actividades (puerto, ministerios, departamentos, embajadas, bancos, industrias de importación y exportación, etc.);
- **una zona periurbana** correspondiente a los municipios de Pikine y Guediawaye. Esta zona es principalmente residencial pero también tiene algunas zonas de negocios. Se caracteriza por una falta de

estructuración urbana (proliferación de urbanizaciones incluso en las zonas de gran insalubridad y/o expuestas al riesgo de inundación, destrucción de bienes públicos, tales como la arena costera y los espacios verdes).

- **una zona rural** correspondiente al municipio de Rufisque. Se compone principalmente de tierras de cultivo.



**Figura 25: Uso de los suelos en la región de Dakar (IAGU, 2009)**

### Factores agravantes de las vulnerabilidades

Los principales factores que exacerban las vulnerabilidades son:

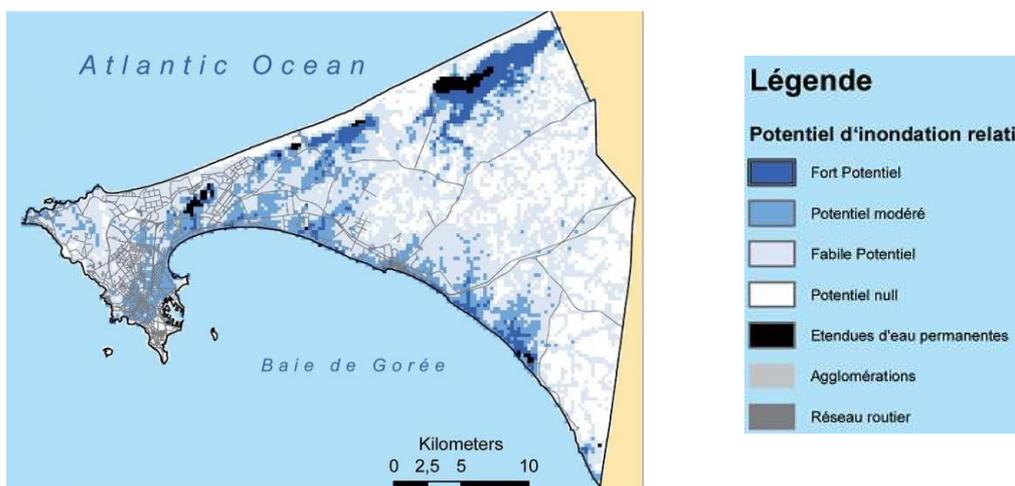
- **el desarrollo de la urbanización** que resulta en más suelo artificial, obstrucción de vías de flujo natural de las aguas pluviales. Por ejemplo, la carretera que cruza la región de Dakar hace las veces de dique debido a la falta de boquillas que permitan el flujo de agua;
- **el nivel de vida de las poblaciones afectadas.** En la región de Dakar, las poblaciones que viven en zonas inundables son principalmente los hogares pobres. La sequía entre 1970 y 1990 generó un éxodo rural a Dakar, principal polo de atracción económica y a que se secan los suelos en el área de Niayes en Pikine. Para compensar la falta de espacio, las personas se han asentado en las regiones que se han secado recientemente (pero estas están ubicadas en hondonadas). Casi el 40 % de las nuevas instalaciones se realizaron en zonas potencialmente muy expuestas a un riesgo de inundación, erosión costera o elevación del nivel del mar. Este proceso de urbanización ha escapado del control y de la regulación por parte de las autoridades. **(IAGU, 2009) (Diongue, 2014)**
- **la falta de control en el uso de suelo.** Los Planes de Urbanismo prevén áreas "no edificables" para evitar la urbanización en los puntos más bajos que se podrían inundar con mayor facilidad durante la invernada. Sin embargo, estas zonas en realidad presentan muchas ventajas para las personas (son áreas libres de toda urbanización, cercanas a los centros urbanos, planas, etc.) de modo que se transforman en lugares de vivienda ilegal.

- la falta de cooperación entre las instituciones.

#### ❖ *Resumen de los riesgos, las inundaciones del pasado y sus consecuencias en Dakar*

##### Tipología de las inundaciones en Dakar

Las inundaciones que afectan a Dakar son esencialmente de tipo escorrentía urbana, pero los efectos del cambio climático han suscitado temores de un aumento del riesgo de anegamiento. El riesgo de inundación (Figura 25) proviene de la combinación de varias condiciones (la acumulación e intensidad de las precipitaciones durante la invernada, el aumento de la capa freática de Thiaroye, la insuficiencia de infraestructuras de drenaje y de redes de saneamiento, el desarrollo urbano descontrolado, la ocupación de hondonadas, la deforestación, etc.).



**Figura 26: Potencial de inundación en la región de Dakar (IAGU, 2009)**

##### Las inundaciones pasadas y sus impactos

Los acontecimientos más importantes de los últimos años en Senegal se resumen en el cuadro 4. De acuerdo con el informe de evaluación de las necesidades post-desastre llevado a cabo por el Gobierno de Senegal (2010), el monto de los daños causados por las inundaciones en todo el país entre 1980 y 2009 (incluido) ascendió a 142 millones de dólares y afectó a 900,000 personas.

Los principales impactos de las inundaciones son los siguientes:

- **Económico:** deterioro de los edificios (viviendas), el cese de las actividades (agricultura, puestos de salud, educación, los mercados locales, etc.);
- **Social:** la degradación de las condiciones ambientales y de vida (por ejemplo, pérdida de uso del inodoro) y de los vínculos entre los

residentes (generación de conflictos entre vecinos, el aumento de la inseguridad, etc.);

- **Sanitarios:** aparición de enfermedades (cólera, fiebre tifoidea, malaria, diarrea, dermatosis, enfermedades respiratorias, etc.) debido a aguas estancadas que favorecen la proliferación de los mosquitos. Aumenta el riesgo de electrocución debido a la precariedad de las instalaciones eléctricas. Inseguridad alimentaria. También es posible que las inundaciones hayan contaminado los recursos de agua potable (pozos alrededor de la región de Dakar), sin embargo, hay poca información disponible sobre el tema.

**Tabla 4: Resumen de los principales sucesos en los últimos años en Senegal**

Fecha	Consecuencias del suceso	Fuente
2009	Esta inundación afectó a entre 485,000 y 507,000 personas en Senegal. Los daños se estiman en 104 millones de dólares en Senegal, principalmente relacionados con la vivienda (49 %), salud (14 %), agricultura (11 %), educación (10 %) y transporte (10 %).  La región de Dakar fue la zona más afectada por la inundación. Casi 360,000 personas se vieron afectadas: 11 % de la población regional se vio afectado y 44 % de la población de la ciudad de Pikine fue directamente afectado. Los daños se estimaron en 82 millones de dólares solo para el área suburbana de Dakar (incluyendo 33 millones en daños a viviendas).	(GFDRR, Sénégal: Inondations urbaines. Le Relèvement et la Reconstruction à partir de 2009, 2014)

❖ **Gobernanza y políticas/estrategias de gestión en Senegal**

Una amplia gama de actores (ministerios, estructuras públicas, paraestatales o privadas, entidades territoriales, la sociedad civil, etc.) está implicada en el riesgo de inundación en Senegal (estos actores se presentan en el Anexo 1). Las funciones y misiones de cada una no siempre están claramente definidas, lo que lleva a una posible intrusión en sus áreas de acción y competencias. Esta diversidad también genera falta de cooperación y coordinación a nivel nacional e incluso local.

Senegal es uno de los 187 estados que adoptaron el nuevo Marco de Sendai, en marzo pasado. Antes de eso, el país había participado en la evaluación del Marco de Acción de Hyogo. En cuanto a la estrategia nacional para la gestión de las inundaciones, Senegal se ha comprometido a una política de rehabilitación y gestión sostenible de las inundaciones después de las inundaciones de 2009, en particular con el desarrollo de: (GFDRR, Sénégal:

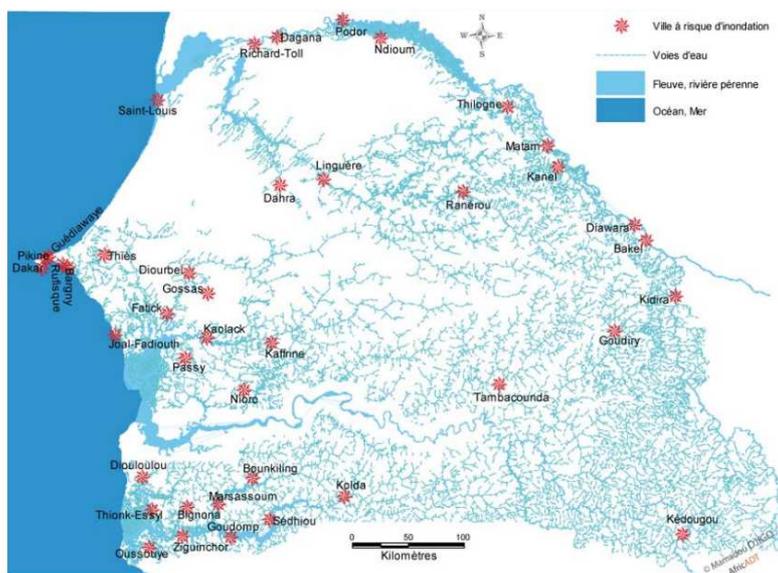
Inondations urbaines. Le Relèvement et la Reconstruction à partir de 2009, 2014)

- **PDNA (Post Disaster Needs Assessment)**: este es un programa para la evaluación de los daños, pérdidas y necesidades, realizado después de las inundaciones de 2009, cuyo objetivo era llegar a un plan de acción estratégico para la recuperación y la reconstrucción a corto, mediano y largo plazo;
- **PROGEP (Projet de Gestion des Eaux Pluviales et d'adaptation au changement climatique [Proyecto de Gestión de Aguas Pluviales y de Adaptación al Cambio Climático])**: este plan quinquenal tiene por objetivo reducir las inundaciones por medio de un enfoque integrado y sostenible. Prevé sobre todo la construcción de infraestructuras de evacuación de aguas pluviales en la región de Dakar;
- **PDGI (Plan Décennal de Gestion des Inondations [Plan Decenal de Gestión de Inundaciones])**: puesto en marcha tras las inundaciones de 2012, el plan tiene como objetivo reforzar la política de gestión de las inundaciones de manera significativa e identifica 10 decisiones estratégicas (incluyendo en particular la participación de las entidades territoriales y una mejor coordinación interministerial).

Hoy en día, Senegal asume la gestión de inundaciones como una prioridad nacional.

❖ ***Apertura en otros territorios de Senegal***

La región de Dakar no es la única área de Senegal afectada por las inundaciones (Figura 26). De tal forma, las áreas urbanas se ven afectadas por un riesgo de inundación fluvial, como en el caso de Saint-Louis, Matam (norte de Senegal, y expuestas al desbordamiento del río Senegal) y Kédougou (situada al sudeste y afectada por el desbordamiento de río Gambia). A otras les afectan más los problemas de escorrentía urbana, como es el caso de Kaolack y Fatick. Por último, el delta del Saloum y Saint-Louis están expuestos a un riesgo de inundaciones costeras. (Gouvernement du Sénégal, 2010)



**Figura 27: Ciudades de Senegal en riesgo de inundación (UNISDR, 2013)**

*Port Louis (Mauricio)*

❖ **Presentación general de Mauricio y Port Louis**

Port Louis es la capital de la República de Mauricio. Esta última está conformada por la isla principal, Mauricio, y varias islas periféricas (la mayor de las cuales es Rodrigues), que suman un área total de 2,040 km<sup>2</sup>. Se encuentra en el sureste del Océano Índico cerca del Trópico de Capricornio. Con una población de 135,000 habitantes en 2014 (CIA, 2015) Port Louis concentra aproximadamente 10 % de la población de Mauricio.

**Cuadro 5: Información general sobre Mauricio**

Tipo de información	Valor	Fecha	Fuente
Población de Mauricio	1.3 millones de habitantes	2014	Prevention Web

Tipo de información	Valor	Fecha	Fuente
Población de Port Louis	135,000 habitantes	2013	CIA World Factbook
Densidad de población	638.6 habitantes/km <sup>2</sup>	2014	Prevention Web
Clasificación PNUD	63/187	2013	Informe PNUD 2014 (ranking que data de 2013)

### ❖ **Caracterización del peligro en Mauricio y Port Louis**

#### **Los regímenes climático y pluviométrico**

Mauricio tiene un clima tropical influenciado por vientos del sureste. La temperatura media anual en la isla es de 22 °C y recibe un promedio de 7 a 8 horas diarias de sol durante el año. Port Louis, la capital, tiene inviernos particularmente templados y una temperatura media anual de 23 °C.

El clima está marcado por dos estaciones principales:

- invierno seco y relativamente cálido (de mayo a octubre; octubre es el mes más seco)
- el verano caliente y húmedo (noviembre a abril; febrero es el mes más húmedo), que es la temporada de ciclones.

La distribución espacial de la precipitación se ve influenciada por los vientos (desde el sureste) y la topografía de la isla (las montañas que rodean la meseta central de la isla). Por lo tanto, las montañas protegen las regiones del norte y noreste, que son relativamente más secas que el sur y la meseta central. Las precipitaciones anuales totales oscilan entre 600 mm (oeste), 900 mm (norte), 1,300-1,400 mm (sur y este) y hasta 4,000 mm (en la meseta central). La intensidad de una lluvia "normal" se distribuye igual que los totales de lluvia anuales con alrededor de 30 mm/h en la costa y 50 mm/h en la meseta central. (ICLEI, 2012)

#### **Los agravantes de la amenaza**

Los principales factores que provocan un empeoramiento de la amenaza son los siguientes:

- **las prácticas agrícolas.** Ha habido un aumento de las superficies abandonadas (debido a la disminución de las áreas cultivadas con caña de azúcar, de las cuales solo una parte se convirtió a otros cultivos), lo cual ha causado erosión y un aumento en la escorrentía, y por lo tanto un mayor riesgo de inundación aguas abajo. Además, la condición del suelo después de la cosecha de caña de azúcar (de julio a diciembre) también tiende a aumentar la erosión y la escorrentía. (**Hunink & Droogers, 2013**)

- **los impactos del cambio climático** en términos de: *(ICLEI, 2012) (Ministère de l'Environnement de Maurice, 2012) (McSweeney, New, & Lizcano, 2012)*
  - o Precipitaciones: según los modelos globales (GCM), la precipitación disminuirá globalmente. El período de transición entre el verano y el invierno debería alargarse. Es probable que los grandes episodios de lluvia sean más intensos y más frecuentes, de modo que causarán inundaciones con mayor frecuencia.
  - o Ciclones: la intensidad de los ciclones debería aumentar.
  - o El nivel del mar: aumentaría con más velocidad en los últimos años. El Servicio Meteorológico de Mauricio ha estimado un aumento promedio de 3.8 mm/año del nivel del mar en los últimos cinco años (en comparación con un promedio de 2.1 mm/año en los últimos 22 años).
  - o La temperatura del mar: el aumento de la temperatura del mar debilita los corales, lo cual reduce la protección de las costas (menos atenuación de las olas), y por lo tanto contribuye a la erosión costera.

#### ❖ **Caracterización de los bienes en juego y vulnerabilidades en Mauricio y Port Louis**

##### **Características del urbanismo**

Port Louis es el centro administrativo y económico del país y el principal polo comercial (también es el único puerto de la isla). La ciudad concentra las principales oficinas corporativas, y diversas actividades manufactureras. La ciudad se caracteriza por una alta densidad debido a una urbanización significativa (Port Louis es un imán de desarrollo) aunada a la falta de espacio disponible. También se ha urbanizado sobre los cauces naturales de flujo de aguas. (UN-Habitat, 2011)

Los barrios más pobres (sobre todo las zonas marginales) se han desarrollado en las faldas de las montañas circundantes. En estos barrios, los habitantes aún no tienen acceso a los servicios básicos: agua potable, saneamiento y electricidad. (UN-Habitat, 2011)

##### **Factores agravantes de las vulnerabilidades**

Los principales factores que exacerban las vulnerabilidades son los siguientes:

- Las viviendas básicas de los barrios más pobres en las faldas de las montañas, incluyendo en la Tourelle du Tamarin donde las pendientes son de más de 20 % y donde las edificaciones han sido toleradas o hasta aprobadas por las autoridades;
- La falsa sensación de seguridad generada por el nivel de desarrollo de la ciudad. De hecho, el desarrollo de la isla tiende a la impermeabilización del suelo (urbanización), una disminución de la

cubierta vegetal (estos dos factores aumentan la escorrentía), aumento de los bienes en juego ubicados en zonas de riesgo de inundaciones así como una disminución en la cultura de riesgo de la población (**Asconit, 2013**). Este fenómeno se observó durante la inundación repentina de 2013, la cual causó la muerte de diez personas en un pasaje subterráneo que conecta la línea de la costa con el centro histórico de la capital.

❖ **Resumen de los riesgos, las inundaciones del pasado y sus consecuencias**

**Tipología de las inundaciones en Port Louis**

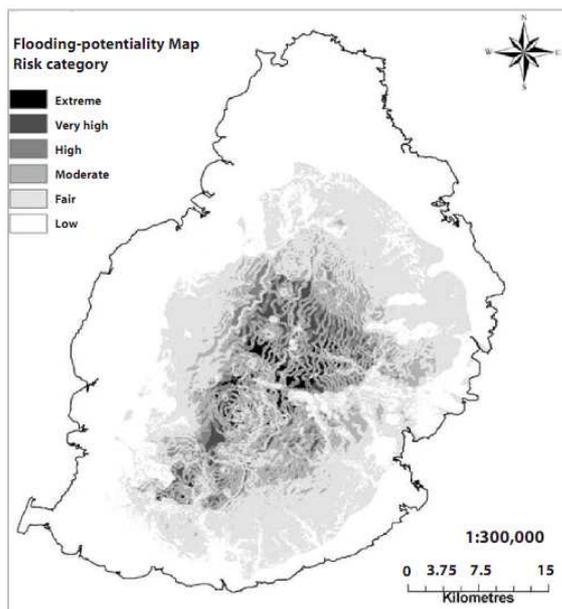
La ciudad de Port Louis está principalmente en riesgo de **inundación repentina**. El riesgo de inundación (ilustrado a escala de la isla Mauricio en la Figura 27) surge de la combinación de múltiples condiciones, particularmente la precipitación intensa, las laderas empinadas de las montañas que rodean la ciudad (Figura 28), el desarrollo humano en los cauces de flujo natural de agua y una red de drenaje insuficiente (a la que además le falta mantenimiento).

**Inundaciones pasadas y sus impactos**

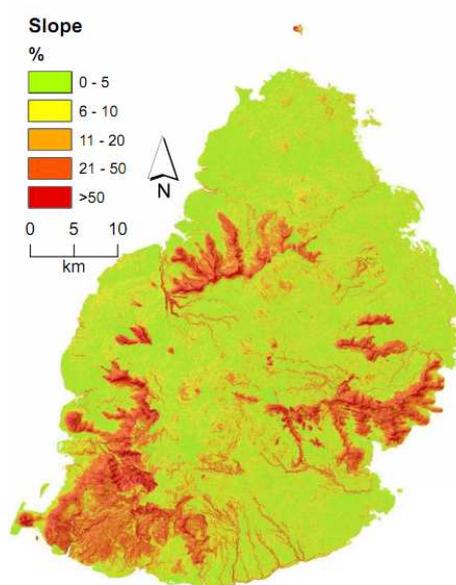
El principal suceso en los últimos años en Port Louis se dio en marzo de 2013. Lluvias torrenciales cayeron sobre la capital; más de 150 mm de lluvia cayeron en un lapso de 2 horas. Esta inundación repentina causó la muerte de 11 personas. No se hizo ninguna evaluación de los daños.

Los principales impactos de las inundaciones en Port Luis son: (ICLEI, 2012)

- **Económicos:** la interrupción de las operaciones en el puerto (el único puerto en la isla Mauricio), daños en edificios e infraestructuras (especialmente carreteras) debido a los altos caudales de escorrentía y los residuos arrastrados;
- **Sanitarios:** posible contaminación de las fuentes de agua potable.



**Figura 28: Cartografía de la posibilidad de inundaciones en la isla Mauricio (Fagoonee, 2005)**



**Figura 29: Pendientes de la isla (Hunink & Droogers, 2013)**

❖ **Gobernanza y políticas/estrategias de gestión en Mauricio**

Mauricio es uno de los 187 estados que adoptaron el nuevo Marco de Sendai, en marzo pasado Según la UNISDR (2015), antes de 2013, los desastres fueron tratados puntualmente con estructuras que funcionaban únicamente cuando los desastres estaban a punto de suceder o una vez que habían ocurrido. En la actualidad los principales órganos de gestión del riesgo de desastres son: (UNISDR, 2015)

- El National Disaster Risk Reduction and Management Centre (NDRRMC), que fue establecido en 2013 (y está en funcionamiento desde octubre de 2013). Esta es la principal institución en Mauricio para la planificación, organización, coordinación y seguimiento de las actividades de gestión y reducción del riesgo de desastres en todos los niveles. Se encuentra bajo la autoridad del primer ministro. Esta estructura es responsable de la elaboración y actualización de un sistema de información completo e integrado para la gestión de desastres, así como una base de datos con información sobre los riesgos y las vulnerabilidades, los datos de evaluación de riesgos y un mapa de riesgo nacional en SIG;
- El National Risk Reduction and Management (NDRRM) Council que fue creado en espera de la entrada en vigor del nuevo marco de la política general de riesgos. Tiene una composición similar al antiguo comité CCNDC (Central Cyclone and Other Natural Disasters Committee) y se centra en la preparación y la respuesta posterior al desastre;

- El Local Disaster Risk Reduction and Management Committee, establecido en cada concejo municipal o de distrito para gestionar la reducción del riesgo de desastres a nivel local.

### Beirut (Líbano)

#### ❖ Descripción general del Líbano y Beirut

El Líbano es un país del Cercano Oriente situado en la costa oriental del mar Mediterráneo. Líbano comparte fronteras con Siria (norte y este) e Israel (sur). Beirut es la capital y la ciudad más poblada del país: concentra casi 50 % de la población. La ciudad está situada en un promontorio rocoso, bordeando el Mar Mediterráneo y cerca de la cadena montañosa del Monte Líbano. Beirut no solo es el centro administrativo y político del Líbano, sino también el corazón económico del país. A título ilustrativo, por el puerto de Beirut se mueve el 75 % del PIB del Líbano (Croix Rouge, 2013).

#### Cuadro 6: Datos generales del Líbano y Beirut

Tipo de información	Valor	Fecha	Fuente
Población del Líbano	4.5 millones de habitantes	2014	Prevention Web
Población de Beirut	2.2 millones de personas (o casi el 50 % de la población)	2015	CIA World Factbook
Densidad de población de Brasil	437 habitantes/km <sup>2</sup>	2014	Prevention Web
Clasificación PNUD	65/187	2013	Informe PNUD 2014 (ranking que data de 2013)

#### ❖ Caracterización de la amenaza en Beirut

##### Los regímenes climático y pluviométrico

Beirut tiene un clima mediterráneo (Csa según la clasificación climática de Köppen-Geiger), marcado por dos estaciones: (BBC Weather, 2011)

- Un verano caliente y seco de mayo a septiembre, con temperaturas medias máximas por encima de los 30 °C, y la precipitación mensual promedio de menos de 20 mm.
- Un invierno templado y húmedo entre octubre y abril, en el cual se concentra la mayor parte de la precipitación (entre 50 mm y 200 mm)

por mes). La temperatura mínima media es de 10 °C (enero y febrero).

La precipitación media anual en Beirut es de casi 900 mm, siendo diciembre y enero los meses más lluviosos (alrededor de 200 mm por mes). Sin embargo, durante los meses de verano casi nunca llueve. (BBC Weather, 2011)

### Los agravantes de la amenaza

Los principales factores que provocan un empeoramiento de la amenaza son los siguientes:

- La obstrucción de la infraestructura de drenaje y cauces de flujo de agua por los desechos. Debido a la falta de un sistema de recolección de residuos, la gente de Beirut está acostumbrada a tirar sus desechos en el río. Estos se transportan en el sistema de drenaje de la capital y se acumulan para formar obstrucciones del flujo de agua, lo cual causa inundaciones en la superficie (reflujo de las redes). En enero de 2013, esto causó la inundación de una calle principal en el distrito Karantina al este de Beirut (**Redd, 2013**).
- los efectos del cambio climático, tanto en las precipitaciones como en la elevación del nivel del mar. El modelo climático PRECIS ayudó a resaltar las siguientes proyecciones para el Líbano: (**Minsitère de l'Environnement du Liban**)
  - o un aumento de temperatura de 1 °C hasta el 2040 y de 3.5 °C hasta el 2090 en las costas (tierra adentro, se espera un aumento más pronunciado)
  - o una disminución de la precipitación anual de alrededor de 10 a 20 % en 2040, y aproximadamente 45 % en 2090
  - o una extensión de la duración media de los periodos de sequía de 9 a 18 días de aquí a 2090
  - o una disminución de 40 a 70 % de la capa de nieve debido a un aumento respectivo de 2 °C a 4 °C en la temperatura. Esto debería afectar los regímenes de los ríos y la recarga de las capas freáticas

### ❖ Caracterización de los bienes en juego y vulnerabilidades

#### Características del urbanismo

El urbanismo de Beirut fue influenciado muchísimo por los diversos conflictos en las últimas décadas. Anteriormente organizado alrededor de un centro fuerte y diferentes círculos concéntricos en las afueras, la ciudad se reorganizó completamente durante la guerra civil que tuvo lugar entre 1975 y 1990. Esta guerra resultó en la destrucción del centro de la ciudad y la división de la ciudad en distritos comunitarios: la ciudad fue separada por una línea llamada línea verde, que separaba las zonas musulmanas sunitas del oeste, de los barrios cristianos del este. Los musulmanes chiítas se establecieron por su parte en su mayoría en los suburbios del sur de Beirut. (Kastrissianakis, 2012)

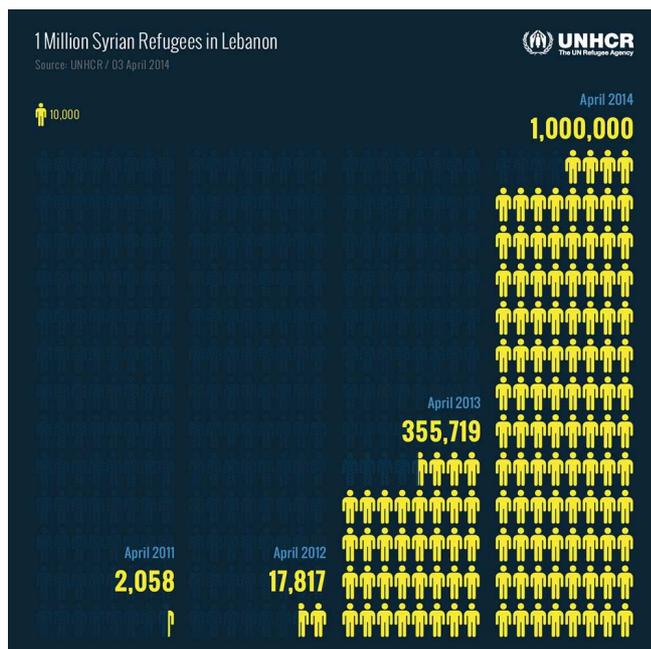
Al final de la guerra, el gobierno puso en marcha un programa de reconstrucción de la ciudad en mayo de 1991. Sin embargo, esto no tuvo buena acogida entre la población, que percibe en él una confusión entre el interés público y el interés privado, y una falta de respeto por la propiedad privada (el Estado impone muchos desalojos sin una política de realojamiento satisfactoria). En 2006, un nuevo conflicto (con Israel) provocó nuevamente la destrucción de muchos barrios y obras de infraestructura, seguida de una nueva fase de reconstrucción. (Kastrissianakis, 2012) (Wikipédia, 2016)

Por último, en los últimos años, la crisis de Siria ha llevado a un flujo importante de refugiados al Líbano, sobre todo Beirut, lo cual ha contribuido a aumentar la presión en términos de vivienda y perspectivas de empleo (Wikipédia, 2016). Según la ACNUR (2015), **el Líbano acogió cerca de 1.2 millones de refugiados en marzo de 2015, 32,000 solo en Beirut.**

#### **Factores agravantes de las vulnerabilidades**

Los principales factores que exacerban las vulnerabilidades en Beirut son los siguientes:

- **La concentración de la urbanización** a lo largo de la costa y en las zonas de expansión de crecidas, causando la impermeabilización del suelo y el aumento de escorrentías. Además, de acuerdo con el Dr. Nadim Farajalla, profesor de Hidrología y Recursos Hídricos en la Universidad Americana de Beirut, la construcción de casas en las riberas de ríos en los últimos años limita el flujo de agua durante una inundación y crea el efecto de una presa, lo cual causa un aumento en el nivel del agua aguas arriba (**Redd, 2013**).
- **El flujo de refugiados que huyen de conflictos** (en particular el de Siria). El número de refugiados sirios ha aumentado exponencialmente en los últimos años de la guerra civil en Siria. En 2014, los refugiados representaban casi el 20 % de la población libanesa. Estas poblaciones son particularmente vulnerables: para los refugiados es cada vez más difícil encontrar (o poder pagar) una vivienda adecuada y con frecuencia se instalan en viviendas precarias (tales como tiendas de campaña y garajes). Por otra parte, el Líbano está luchando para responder a esta presión por los refugiados: el país ha sufrido un significativo impacto económico debido al conflicto sirio, lo que resulta en una disminución en el comercio y el turismo, y un aumento en el gasto público para satisfacer la creciente demanda de servicios de salud, educación y servicios básicos como agua, saneamiento y electricidad. El Banco Mundial estima que la guerra en Siria le había costado US\$ 2,500 millones al Líbano en 2013. (**UNHCR, 2014**)



**Figura 30: El aumento del flujo de refugiados sirios al Líbano (UNHCR, 2014)**

- **La fuerte urbanización en zonas costeras**, expone a la población a la elevación del nivel del mar. Según la Cruz Roja, el 50 % de la población de la ciudad se encuentra en las proximidades de la costa (**Croix Rouge, 2013**).
- **El riesgo para la salud asociado con los residuos transportados en el agua**. En 2015, el problema de los residuos se exacerbó en Beirut. De hecho, tras el reciente cierre del principal vertedero de la ciudad (debido a la saturación) y sin alternativa propuesta por el Gobierno, la basura se acumuló en las calles antes de la temporada de lluvias. Más allá del riesgo de empeorar la amenaza que se mencionó anteriormente, este fenómeno también plantea un mayor riesgo para la salud. En primer lugar, la contaminación del agua por los residuos puede provocar epidemias, como el cólera. Además, se pueden contaminar los recursos hídricos (en el Líbano, el uso de pozos privados está muy extendido). (**Owens, 2015**)
- **El mantenimiento inadecuado de las infraestructuras de drenaje**. De acuerdo con el Dr. Farajalla, el mantenimiento de obras de drenaje no es lo suficientemente regular para proporcionar protección contra el riesgo de inundación. Además, hay una falta de control en cuanto a la buena ejecución del mantenimiento, debido al pequeño número de personal disponible. (**Redd, 2013**)

### ❖ **Resumen de los riesgos, las inundaciones del pasado y sus consecuencias**

Beirut es afectada principalmente por las inundaciones de tipo **crecida repentina**, y más generalmente por la **escorrentía urbana**. Además, la ciudad está expuesta a terremotos que pueden causar **tsunamis**.

Recientemente, en octubre de 2015, las lluvias causaron inundaciones significativas en las calles de la capital libanesa, ya enterrada bajo los residuos, tras el cierre del vertedero de la ciudad. Estos residuos se transportan en las calles, creando verdaderos flujos de residuos sólidos en la capital (Figura 30).



**Figura 31: Flujos de residuos en las calles de Beirut durante la inundación de octubre de 2015 (Osseiran, 2015)**

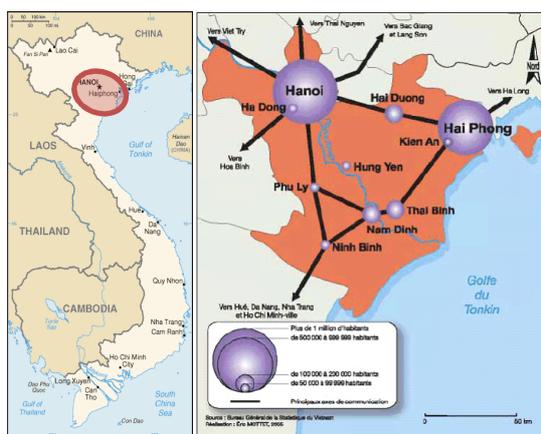
### ❖ **Gobernanza y políticas/estrategias de gestión**

En los últimos años, el Líbano ha tratado de convertirse en el primer país de la región árabe en poner en práctica una estrategia nacional integral para la gestión de riesgos de desastres. La Unidad de Gestión del Riesgo de Desastres del PNUD en la presidencia del Consejo de Ministros lanzó el 25 de noviembre de 2015, en colaboración con el *Centre National de Recherche scientifique du Liban* [Centro Nacional de Investigación Científica del Líbano] (CNRS), el proyecto "Evaluación del riesgo de inundación en el Líbano y cartografía". Este proyecto tiene como objetivo evaluar el riesgo de inundaciones en diferentes cuencas hidrográficas del Líbano, y desarrollar una metodología completa para determinar los riesgos con el fin de proteger vidas y bienes, apoyar la gestión de crisis y fortalecer la cultura del riesgo en la población. (UNISDR, 2013) (UNDP, 2015)

### El delta del río Rojo (Vietnam)

#### ❖ Descripción general del delta del río Rojo y Vietnam

El delta del río Rojo está situado en el noroeste de Vietnam e incluye dos de las ciudades más grandes del país: la capital, Hanói (3.6 millones) y Hai Phong (1.1 millones) (Figura 31). Esta región con una superficie de más de 10,000 km<sup>2</sup> concentra una población de aproximadamente 15 millones de habitantes (17 % de la población del país) y tiene una de las densidades más altas en el mundo, con más de 1,500 habitantes/km<sup>2</sup> (Sueur, 2011).



**Figura 32: Mapa y Ubicación de delta del río Rojo, adaptación del CIA World Factbook 2011 y Sueur 2011**

#### Cuadro 7: Datos generales de Vietnam y el delta del río Rojo

Tipo de información	Valor	Fecha	Fuente
Población de Vietnam	89.7 millones de habitantes	2014	Prevention Web
Población del delta del río Rojo	Cerca de 15 millones de habitantes (aproximadamente 17 % de la población)	2010 - 2011	Informe para el Senado francés redactado por Sueur en 2011: "Villes du futur, futur des villes: quel avenir pour les villes du monde?" (Las ciudades del futuro, el futuro de las ciudades: ¿qué será de las ciudades del mundo)
Densidad de población en Vietnam	289 habitantes/km <sup>2</sup>	2014	Prevention Web

Tipo de información	Valor	Fecha	Fuente
PIB/hab	US\$ 2,052/hab	2014	Sitio del Banco Mundial

### ❖ **Caracterización de la amenaza en el delta del río Rojo**

#### **Los regímenes climático y pluviométrico**

Vietnam tiene un clima tropical con monzones, con diferencias entre el norte y el sur (el sur, por ejemplo, no tiene temporada de invierno). El clima del norte del país está marcado por dos estaciones principales:

- el invierno, templado y seco (octubre a abril) con temperaturas diurnas;
- el verano, caliente y húmedo (mayo a septiembre; julio y agosto son los meses más húmedos).

En la región del delta del río Rojo, la temperatura media anual es de alrededor de 23 °C, con un promedio de 16 °C en invierno (enero) y de 29 °C en verano (julio). La distribución de la precipitación es relativamente homogénea en toda la delta con una acumulación anual de alrededor de 1,600 mm, de los cuales 80 % se concentra entre mayo y octubre. (Thanh Pham, 2008)

#### **Los agravantes de la amenaza**

Los principales factores que provocan un empeoramiento de la amenaza son: (ADRC, 2005) (GFDRL, 2011)

- **deforestación río arriba de la zona de delta** que resulta en un aumento de la escorrentía (en volumen y caudal) y por consiguiente un aumento en el riesgo de inundación repentina (riada);
- **aumento de la deposición de sedimentos** que resulta en una elevación del lecho menor del río;
- **los impactos del cambio climático** en los siguientes términos:
  - Precipitaciones: las precipitaciones durante la temporada de lluvias deberían aumentar, por consiguiente, aumentaría la intensidad, frecuencia y duración de las inundaciones. Se espera que los episodios de lluvia extremos aumenten la frecuencia y la cantidad de agua precipitada, especialmente en el norte del país;
  - Ciclones y tifones: los modelos climáticos mundiales no simulan adecuadamente los fenómenos de ciclones para proporcionar conclusiones precisas con respecto al cambio para Vietnam (en términos de frecuencia, intensidad o dirección). Sin embargo, desde un punto de vista cualitativo, los ciclones podrían llegar a ser más intensos en la medida en que debería aumentar la temperatura en la superficie del agua;
  - El nivel del mar: que debería aumentar de 28 cm a 33 cm para el año 2050. Para 2100, aproximadamente 5 % del territorio de

Vietnam debería estar expuesto al riesgo de inundaciones debido a la subida del nivel del mar.

#### ❖ **Caracterización de los intereses en juego y vulnerabilidades**

##### **Características de la planificación**

El delta del río Rojo representa una nueva forma de desarrollo urbano como no ha habido anteriormente. Se caracteriza por la presencia simultánea de zonas agrícolas, zonas industriales y densas zonas urbanas y zonas residenciales. El geógrafo T. McGee llama a este fenómeno "desakota" (de las palabras de Indonesia "desa", el pueblo, y "kota", la ciudad). Este tipo de planificación se caracteriza por: (GFDRR, 2011)

- la presencia de una población agrícola densa e integrada en la sociedad urbana y la economía;
- el desarrollo simultáneo de la agricultura y la industria;
- una densa red de ciudades que dificulta la delimitación de las mismas;
- facilidad de la movilidad hacia los grandes centros urbanos con modos de transporte de bajo costo, tales como motocicletas, automóviles, autobuses y camiones.

##### **Factores agravantes de las vulnerabilidades**

Los principales factores que exacerban las vulnerabilidades son los siguientes:

- **La concentración de los bienes en juego** (humanos —con una densidad muy alta— y económicos —las actividades agrícolas e industriales que hacen de la región el centro económico del norte de Vietnam—) en las zonas bajas, y, de hecho, expuestos al riesgo de inundación;
- **La degradación del sistema de diques existentes** (*Hansson & Ekenberg, 2002*).

#### ❖ **Resumen del riesgo en el delta del río Rojo: las inundaciones del pasado y sus consecuencias**

##### **Tipología de las inundaciones en el delta del río Rojo**

El delta del río Rojo está sujeto a varios tipos de inundaciones, esencialmente:

- Las crecidas fluviales que se producen sobre todo en julio y agosto, durante la temporada de lluvias. Los caudales del río Rojo varían entre 400 m<sup>3</sup>/s en la estación seca y 30,000 m<sup>3</sup>/s durante la estación lluviosa (*Sueur, 2011*). Estas inundaciones son particularmente peligrosas para los hombres especialmente porque: (*Fontenelle, 2006*)
  - o son muchas: pueden ocurrir en cualquier momento durante la temporada de lluvias;
  - o son fuertes y relativamente rápidas debido a la combinación de precipitación abundante río arriba de la cuenca y su poco tiempo de concentración;

- La combinación de crecida fluvial e inmersión marina especialmente durante los ciclones tropicales que causan, por un lado, fuertes lluvias (crecida del río), por el otro lado las mareas altas que impidan la evacuación de las aguas en el mar y que causan inundaciones en las zonas costeras.

### **Inundaciones pasadas y sus impactos**

Las últimas grandes crecidas del río Rojo se produjeron en 1945 y 1971. Con un período de retorno estimado de 100 años, los dos acontecimientos causaron muchos daños y marcaron la memoria colectiva de la población local en la medida en que incluso las áreas supuestamente protegidas se vieron afectadas. De hecho, estas inundaciones causaron la formación de grietas en diques y la rotura de algunos. (Gilard, 2006) No parece haber ningún balance del daño causado por estas inundaciones.

Más allá de estos sucesos excepcionales, las crecidas se producen regularmente en esta región, pero ninguna de ellas parece haber superado el nivel actual de la protección proporcionada por los diques. (Gilard, 2006)

#### **❖ *La estrategia de gestión del riesgo de inundación en el delta del río Rojo***

Desde hace mucho tiempo, la estrategia de gestión de las inundaciones del delta del río Rojo se ha traducido en la aplicación **de medidas puramente estructurales**. De modo que el delta tiene actualmente una red de cerca de 3,000 kilómetros de diques para proteger las áreas expuestas a la crecida fluvial, y alrededor de 1,500 km de diques costeros para mitigar los efectos de las olas fuertes en los sucesos extremos como los ciclones tropicales (Sueur, 2011). Se crearon dos depósitos con una capacidad total de 5,400 millones de m<sup>3</sup> para reducir el riesgo de inundaciones en las zonas bajas del río Rojo. Además, se establecieron sistemas de desagües de emergencia hacia zonas previamente identificadas para proteger los diques y reducir el riesgo de ruptura.

La estrategia actual para la gestión del riesgo de inundación parece integrar también medidas no estructurales, como la reforestación (y protección de los bosques) río arriba de Hanói, la mejora de la preparación y el fortalecimiento de las instituciones. (ADRC, 2005) (Banque Mondiale, 2009)

*São Paulo (Brasil)*❖ **Visión general de Brasil y São Paulo**

São Paulo se encuentra en el sureste de Brasil, cerca de la costa atlántica. La Región Metropolitana de São Paulo (RMSP) cuenta con casi 20 millones de personas, casi el 10 % de la población total del país. La RMSP incluye la ciudad de São Paulo y otros 39 municipios, que ocupan una superficie de casi 8,000 kilómetros cuadrados, de los cuales 2,000 están altamente urbanizados. Se trata de uno de los centros urbanos e industriales más importantes de América Latina. El área urbana ocupa una gran parte del cauce superior del río Tieté. La ciudad misma cuenta con 11 millones de habitantes (Revista, 2013).

**Cuadro 8: Datos generales sobre Brasil y São Paulo**

Tipo de información	Valor	Fecha	Fuente
Población de Brasil	200 millones de habitantes	2014	Prevention Web
Población de São Paulo (región metropolitana)	21 millones de personas (o casi el 10 % de la población)	2015	CIA World Factbook
Densidad de población de Brasil	24.0 habitantes/km <sup>2</sup>	2014	Prevention Web
Clasificación PNUD	79/187	2013	Informe PNUD 2014 (ranking que data de 2013)

❖ **Caracterización de la amenaza en São Paulo****Los regímenes climático y pluviométrico**

La ciudad de São Paulo se encuentra a unos 750 metros sobre el nivel del mar. Esta altitud influye en el clima de la ciudad. Esta goza de un clima subtropical con una temperatura media diaria de 19.2 °C (que oscila entre 22.5 °C en febrero —verano— y 16 °C en julio —invierno—). La precipitación anual es de 1450 mm aproximadamente, y los meses con mayor promedio de lluvia son diciembre, enero y febrero (INMET, 2015). El clima está marcado por una estación lluviosa de octubre a marzo que concentra la mayor parte de la precipitación (> 200 mm/mes de diciembre a febrero) y una estación seca de abril a septiembre (<100 mm/mes).

## Los agravantes de la amenaza

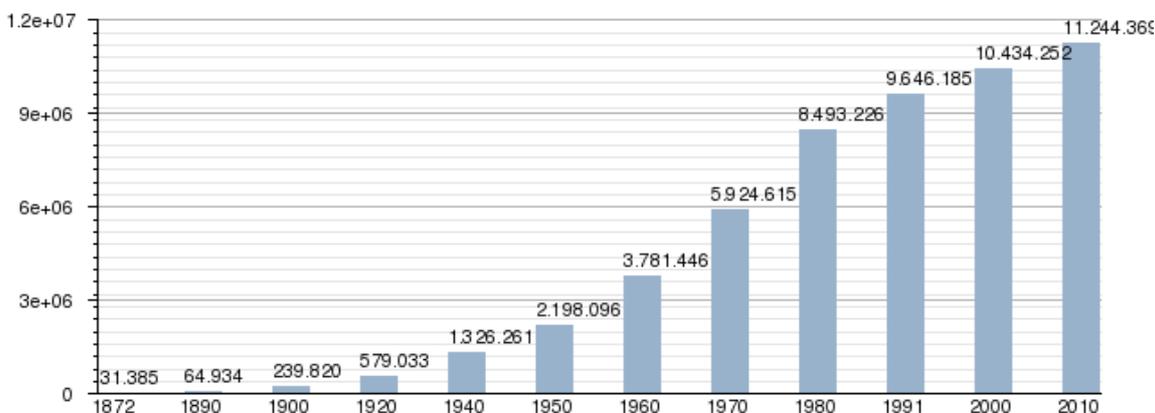
Los principales factores que provocan un empeoramiento de la amenaza son:

- **los efectos del cambio climático**, en términos de precipitaciones al horizonte de 2050-2060: (*Banque Mondiale, 2012*)
  - o un aumento muy probable del cúmulo anual de lluvia;
  - o un probable aumento de episodios de lluvia intensos, que conlleva un mayor riesgo de inundaciones en la ciudad.
- **La obstrucción de los cauces de flujo de agua debido a los residuos** (irregularidades en la recolección de residuos y ante la presencia de más de 300 vertederos ilegales en la ciudad), aunque más del 95 % de los hogares tienen un sistema de recolección basura. (*Banque Mondiale, 2012*)

### ❖ Caracterización de los bienes en juego y vulnerabilidades

#### Características del urbanismo

El fuerte crecimiento poblacional (Figura 32) e industrial en los últimos cincuenta años ha creado un desequilibrio entre la oferta y la demanda de agua, causando graves problemas de contaminación. Además, el aumento de la impermeabilidad de los suelos y la urbanización no planificada causa inundaciones. (Revista, 2013)



**Figura 33: Las tendencias demográficas de São Paulo (Wikipedia)**

São Paulo experimentó durante la segunda mitad del siglo XX una urbanización extremadamente rápida al igual que todo Brasil: en 1950, dos tercios de los habitantes vivían en zonas rurales, pero en 1980 el 65 % de la población vivía en las ciudades. Para 2013, el 85 % de la población brasileña era urbana.

El crecimiento urbano se ha caracterizado por un crecimiento muy importante de las favelas: entre 1972 y 1980, la proporción de la población que vive en los barrios pobres aumentó diez veces para alcanzar aproximadamente 880,000 personas (Sachs, 1981)



**Figura 34: Fotografía ilustrativa del paisaje urbano de São Paulo**

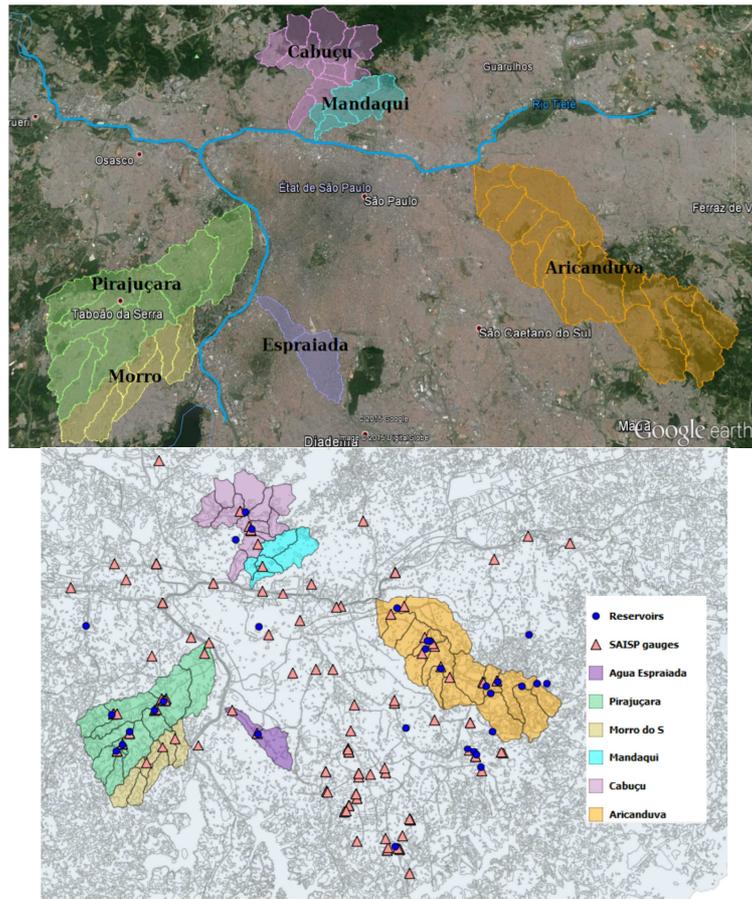
### **Factores agravantes de las vulnerabilidades**

Los principales factores que exacerbaban las vulnerabilidades en São Paulo son:

- **el desarrollo de la urbanización** que conlleva sobre todo la impermeabilización del suelo, la canalización de las corrientes de agua y la creación o fortalecimiento de las áreas de concentración de escorrentías. De acuerdo con estudios recientes, estos cambios de la cuenca hidrográfica tienden a aumentar el caudal máximo de escorrentía y cambiar el período de retorno de los caudales de inundación (**Simas, Rodrigues, & Sant'Anna Neto, 2015**);
- **La ocupación de zonas en riesgo de inundación**, por ejemplo, con la construcción de edificios cerca de los lechos menores de los ríos (**Oliveira, et al., 2014**). Además, debido a la desigualdad económica, los más pobres se ven obligados a trasladarse a áreas no desarrolladas propensas a las inundaciones: el Banco Mundial (**2012**) estima que el 20 % de los barrios pobres (favelas) y los asentamientos informales de São Paulo están situados en zonas inundables;
- **el nivel de vida de las poblaciones afectadas en las favelas**: estas personas carecen de los medios para protegerse contra inundaciones (viviendas básicas) y para adaptarse rápidamente a los cambios en las condiciones de vida, especialmente después de episodios de lluvia intensos (**Banque Mondiale, 2012**);
- la saturación del sistema de drenaje (**Oliveira, et al., 2014**).

### **❖ Resumen del riesgo de inundación en São Paulo, las inundaciones del pasado y sus consecuencias**

Las inundaciones que afectan a São Paulo son esencialmente de tipo **escorrentía urbana**, y de tipo **crecida repentina (riada) de las corrientes de agua urbanizadas**. También existe el riesgo de deslizamientos, sobre todo en los barrios de favelas que se edificaron en terrenos con pendiente. Recientemente, en enero de 2011, las lluvias torrenciales causaron una decena de muertos en São Paulo, víctimas principalmente de deslizamientos de tierra. El desbordamiento de varios ríos cortó la circulación y causó enormes atascos de tráfico, lo cual paralizó la actividad económica en la ciudad y puso en peligro a los automovilistas que tuvieron que abandonar sus coches medio sumergidos.



**Figura 35: Mapa satelital de la ciudad de São Paulo (Fuente: Google) y las principales cuencas hidrográficas monitoreadas por el Sistema de Alertas de Inundaciones de São Paulo (SAISP/FCTH)**

#### ❖ **Gobernanza y políticas/estrategias de gestión en São Paulo**

Debido a los problemas causados por las lluvias, se estableció en 1995 el Centro de Gestión de Emergencias en la ciudad de São Paulo (CGE-SP), que opera en coordinación con la Compañía de Ingeniería de Tráfico (CET). Ambos organismos, que son destinatarios el Sistema de Alertas de Inundaciones de São Paulo (SAISP), están a cargo de las operaciones terrestres (cierre de carreteras y túneles amenazados por las inundaciones, gestión de mantenimiento y asistencia a las poblaciones).

El FCTH (Fundação do Centro Tecnológico e Hidráulica) gestiona el SAISP (Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo), el Sistema de Alerta de Inundaciones de São Paulo. Se trata de un sistema de alerta basado en el seguimiento en tiempo real de las precipitaciones (datos en tierra y de radar) y de los niveles de agua de los ríos y canales. El FCTH opera un radar meteorológico de banda S en Salesópolis (75 km al este del centro de São

Paulo). Proporciona información en tiempo real sobre la situación actual y sobre las zonas con potencial de inundación, en función de niveles críticos y alertas predefinidas. Estas alertas se basan en los niveles de agua observados. Además, hay dos tipos de modelación que están integrados actualmente al sistema operativo SAISP:

- Un sistema de alerta basado en umbrales de precipitaciones para las cuencas hidrográficas pequeñas;
- Una modelación hidrológica e hidráulica de las cuencas hidrográficas prioritarias.

En el año 2016, a través de la colaboración franco brasileña, se instalará un nuevo radar meteorológico banda X en el centro de São Paulo, con lo que se logrará una mayor precisión en la medición y así una mayor eficacia en las alertas de inundaciones.

Otro reto consiste en ampliar el número de cuencas urbanas monitoreadas, a través de una modelación hidrológica e hidráulica adaptada a los rápidos tiempos de respuesta a las precipitaciones (de 30 minutos a unas pocas horas) y la complejidad de la red (por ejemplo, muchos depósitos de retención).

## Publicaciones anteriores de esta colección

---

<b>Notes techniques n°1</b>	Panorama des inégalités hommes – femmes dans le monde (Juin 2015)
<b>Notes techniques n°2</b>	La Commission du Mékong face à un tournant – Quelle place pour l'aide française (Septembre 2015)
<b>Notes techniques n°3</b>	Quelle efficacité environnementale de la certification pêche et aquaculture « durable » ? (Septembre 2015)
<b>Notes techniques n°4</b>	Vérité des prix ou socialisation de la couverture des coûts ? (Octobre 2015)
<b>Notes techniques n°5</b>	Accompagnement technique et renforcement des capacités : leçons de l'expérience (Octobre 2015)
<b>Technical Reports No 6</b>	Actors and networks of agroecology in the Greater Mekong Subregion (October 2015)
<b>Technical Reports No.7</b>	Creating Alliances to Accelerate Commercially Viable Sanitation (November 2015)
<b>Notes techniques n°8</b>	La recherche française sur l'éducation dans les pays en développement : un état des lieux (Novembre 2015)
<b>Technical Reports No.9</b>	Facilitating green skills and jobs in developing countries
<b>Notes techniques n°10</b>	Étude sur le développement de l'entrepreneuriat social à Madagascar

<b>Notes techniques n°11</b>	Ecole et Santé de la reproduction Une recherche-action dans les départements du Littoral et de l'Atlantique au Bénin (nov. 2014 – juil. 2015)
<b>Notes techniques n°12</b>	Observation spatiale pour l'agriculture en Afrique : potentiels et défis
<b>Notes techniques n°13</b>	Améliorer la prise en compte de la nutrition dans les projets de développement rural et de santé
<b>Notes techniques n°14</b>	Villes et stratégies climatiques : cinq cas d'études
<b>Notes techniques n°15</b>	Jeunesses sahéniennes : dynamiques d'exclusion, moyen d'insertion
<b>Technical Reports No.16</b>	Supporting Access to and Retention in Employment for Women by Enhancing Child Care Services in Turkey
<b>Notes techniques n°17</b>	Méthode de suivi de l'impact climat des investissements (MRV) appliquée aux projets agricoles et forestiers des Banques Nationales de Développement
<b>Notes techniques n°18</b>	Gestion des ressources en eau souterraines comme biens communs
<b>Notes techniques n°19</b>	Eau des villes, assainissement et précarités – des réalités contrastées à Ouagadougou (Burkina Faso) et Niamey (Niger)
<b>Technical Reports No.20</b>	The effectiveness of an environmental credit line in Egypt: Synergies between market incentive and binding regulations
<b>Notes techniques n°21</b>	Développement rural à co-bénéfices - Gouvernance, suivi, certification

<b>Notes techniques n°22</b>	Dynamiques des systèmes agraires et devenirs de l'agriculture familiale en Guinée
<b>Notes techniques n°23</b>	Évaluation de la politique d'aménagement du territoire en Tunisie de 1995 à 2010
<b>Notes techniques n°24</b>	Cocoa farmers' agricultural practices and livelihoods in Côte d'Ivoire
<b>Notes techniques n°25</b>	Vulnérabilité sociophysique aux inondations au Sénégal
<b>Technical reports No.25</b>	Socio-physical Vulnerability to Flooding in Senegal
<b>Notes techniques n°26</b>	Revenus et trajectoires agricoles en Afrique d'ici 2050 : vers un trop-plein d'agriculteurs ?
<b>Notes techniques n°27</b>	Comprendre le processus d'installation des jeunes en agriculture pour mieux l'accompagner - Grille d'analyse et premiers résultats
<b>Notes techniques n°28</b>	Les dynamiques d'inclusion / exclusion de la jeunesse en zone MED
<b>Notes techniques n°29</b>	Quelle compétitivité de la Côte d'Ivoire, du Sénégal et de la Tunisie ? - Un état des lieux à partir des nouvelles données de l'Observatoire de la Compétitivité Durable
<b>Notes techniques n°30</b>	Urgences et crises sanitaires dans les pays à ressources limitées : de la préparation à la réponse
<b>Notes techniques n°31</b>	Capitalisation des actions de formation-insertion des jeunes conduites par les organisations non gouvernementales

- Notes techniques n°32** L'accès et le maintien des femmes à l'emploi de qualité au Maroc, en Tunisie et en Turquie
- Notes techniques n°33** Le financement participatif et l'aide publique au développement : état des lieux et recommandations
- Technical Reports No.34** Outlooks for flare reduction in Nigeria

## ¿Qué es la AFD?

---

La Agencia Francesa de Desarrollo (AFD), institución financiera pública que implementa la política definida por el gobierno francés, actúa para combatir la pobreza y promover el desarrollo sostenible.

Presente en cuatro continentes a través de una red de 75 oficinas, la AFD financia y apoya proyectos que mejoran las condiciones de vida de las personas, promueven el crecimiento económico y protegen el planeta.

En 2016, la AFD dedicó 9400 millones de euros al financiamiento de proyectos en países en desarrollo y a favor de los territorios de ultramar.

Agence Française de Développement  
5 rue Roland Barthes – 75598 Paris cedex 12  
Tel.: +33 1 53 44 48 86 – [www.afd.fr](http://www.afd.fr)