

Con las inundaciones,  
mejor prevenir

Diciembre de 2021  
N.º 62

# Informe técnico

**Autor** Olivier Gilard



<b>Agence Française de Développement</b>	<b>2</b>	<b>3. Interacciones con otras políticas y consideración de los impactos</b>	<b>38</b>
Rapports Techniques	2	3.1. Riesgo y recurso	38
Informes técnicos	2	3.2. Riesgo y clima	39
<b>Resumen</b>	<b>4</b>	3.3. Riesgo y biodiversidad	41
<b>Preámbulo</b>	<b>5</b>	<b>4. Algunos ejemplos concretos</b>	<b>43</b>
¿Por qué esta cuestión?	5	4.1. Algunos ejemplos de la experiencia francesa	43
Las demás facetas del sector del agua	6	4.2. Algunos ejemplos de otros lugares del mundo	46
El objetivo de esta obra	7		
<b>1. Fundamentos</b>	<b>8</b>	<b>Referencias</b>	<b>58</b>
1.1. El fenómeno natural	8	Bibliografía	58
1.2. Riesgo = amenaza (combinada con) vulnerabilidad	10	Sitios web de referencia:	59
1.3. Los tres componentes de la gestión de riesgos	22	Publicaciones en línea	59
1.4. La imbricación de las escalas de solidaridad	27	Léxico de los términos técnicos	60
		<b>Lista de siglas y abreviaciones</b>	<b>62</b>
<b>2. De la teoría a la práctica</b>	<b>30</b>		
2.1. Qué es un proyecto de reducción de los riesgos de inundación?	30		
2.2. Prevenir o prever, ¡hay que elegir!	31		
2.3. Adaptarse al contexto específico de cada proyecto	32		
2.4. Inundación fluvial e inundación pluvial	36		

# Agence Française de Développement

---

## Rapports Techniques

---

Les nombreux rapports, études de faisabilité, analyses de cas et enquêtes de terrain produits par l'AFD contiennent des informations très utiles, en particulier pour les praticiens du développement. L'objectif de cette série est de partager des informations techniques, géographiques et sectorielles sur une dimension du développement et d'en faire un retour d'expérience.

Les opinions exprimées dans ce papier sont celles de son (ses) auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement celles de l'AFD. Ce document est publié sous l'entière responsabilité de son (ses) auteur(s).

---

## Informes técnicos

---

Los numerosos informes, estudios de viabilidad, análisis de casos y encuestas sobre el terreno producidos por la AFD contienen informaciones muy útiles, especialmente para los profesionales del desarrollo. El objetivo de esta serie es compartir informaciones técnicas, geográficas y sectoriales sobre una dimensión del desarrollo y proporcionar la difusión de las experiencias.

Las opiniones expresadas en este documento son las del o de los autores y no reflejan necesariamente las de la AFD. Este documento se publica bajo la única responsabilidad de su(s) autor(es).

*«El agua subsiste como principio de todas las cosas, pues todo procede de ella y vuelve a ella».*

*Tales de Mileto, filósofo y sabio griego  
(siglo VI a.C.)*

*«Mide todo lo que sea medible y esfuérzate por hacer medible lo que aún no lo sea».*

*Galileo (1564-1642)*

*«Hoy en día, todo el mundo exige un dique, incluso si eso significa verter el agua sobre su vecino. Ahora bien, el sistema de diques sólo es un paliativo ruinoso para el Estado, imperfecto para los intereses a proteger».*

*Napoleón III (1808-1873)  
Discurso de Plombières (1860)*

*«Todo lo que se tiene que decir está dicho ya; pero como nadie escucha, siempre hay que volver a decirlo».*

*André Gide (1869-1951)  
Tratado del Narciso*

*«Nombrar mal las cosas es contribuir a la desgracia del mundo».*

*Albert Camus (1913-1960)*

*«Los hombres sólo aceptan el cambio ante la necesidad y sólo ven la necesidad en las crisis».*

*Jean Monnet (1888-1979)*

Inondations, mieux vaut prévenir

### Résumé

Les risques d'inondation restent le risque naturel le plus fréquent et causant le plus de dégâts, toutes géographies confondues. Dans ce rapport technique, on analyse dans un premier temps les éléments explicatifs de cet état de fait : régime hydrologique, existence d'événements extrêmes dans un champ continu des possibles, concepts d'aléa et de vulnérabilité. On décrit dans un second temps les différentes composantes d'une politique de gestion intégrée des risques d'inondation combinant :

(i) des mesures de prévention liées à l'aménagement du territoire et l'aménagement hydraulique, qui débouchent nécessairement sur un risque résiduel réputé accepté, (ii) des mesures de gestion de crise incluant une composante prévisionniste, qui permettent de gérer les risques résiduels acceptés, et (iii) des mesures destinées à développer la culture du risque et qui contribuent à rendre compréhensible les messages issus des deux autres champs d'intervention. De cette compréhension des concepts fondamentaux sous-jacents à cette analyse des risques d'inondation, sont tirées quelques recommandations opérationnelles pour définir des projets finançables par l'AFD et dans ses pays d'intervention. Enfin, sont passées en revue quelques situations particulières issues de l'expérience de l'auteur, tant sur le territoire français que dans des pays en développement.

Mots-clés : inondation, crue, risque, prévention, ressources en eau, aléa, vulnérabilité

Pays : France, Cambodge, Thaïlande, Vietnam, Madagascar, Tchad

Con las inundaciones, mejor prevenir

### Resumen

Los riesgos de inundación siguen siendo el riesgo natural más frecuente y el que causa más daños en el mundo entero.

En este informe técnico, en un primer momento se analizan los elementos que explican esta situación: régimen hidrológico, existencia de eventos extremos como parte de una distribución continua de posibilidades, conceptos de amenaza y de vulnerabilidad. En un segundo momento, se describen los diferentes componentes de una política de gestión integrada de los riesgos de inundación, que combine:

(i) medidas de prevención vinculadas a la ordenación del territorio y al acondicionamiento hidráulico, que conlleven necesariamente a un nivel de riesgo residual aceptable, (ii) medidas de gestión de crisis que incluyan un componente de previsión, que permitan gestionar los riesgos residuales aceptados, y (iii) medidas destinadas a desarrollar la cultura del riesgo y que contribuyan a hacer comprensibles los mensajes de los dos ámbitos de intervención anteriores.

A partir de esta comprensión de los conceptos fundamentales que subyacen a este análisis de los riesgos de inundación, se han extraído algunas recomendaciones operacionales para definir los proyectos que pueden ser financiados por la AFD en sus países de intervención. Por último, se examinan algunas situaciones específicas sacadas de la experiencia del autor, tanto en Francia como en países en desarrollo.

Palabras claves: inundación, crecida, riesgo, prevención, recursos hídricos, amenaza, vulnerabilidad

Países: Francia, Camboya, Tailandia, Vietnam, Madagascar, Chad

## Preámbulo

A pesar de los numerosos trabajos sobre el tema en los últimos treinta años (y sin duda incluso antes, como ilustra la cita de Napoleón III del prólogo), parece que algunos conceptos básicos sobre el riesgo de inundación aún no han calado del todo fuera de un círculo bastante reducido de investigadores implicados en el tema. Por otra parte, incluso entre algunos de ellos, especialistas en un enfoque del problema, a veces existe una cierta aproximación en la utilización de los conceptos que se refieren a otros enfoques. Por último, al analizar, en particular, la cobertura de los medios de comunicación y, de forma más general, la literatura técnica denominada «gris» sobre el tema, nos damos cuenta de que ciertos términos se utilizan con acepciones divergentes: amenaza, vulnerabilidad, exposición, resiliencia, prevención, previsión, son términos recurrentes pero no siempre se utilizan con el mismo sentido y, por lo tanto, con buen criterio. Además, la mayor incidencia de estos «desastres» –si nos seguimos guiando por la cobertura de los medios de comunicación– apuntaría a que las políticas de prevención de estos últimos treinta años no han sido eficaces después de todo, lo que plantea algunos interrogantes. Puede sorprender la mención recurrente de «nunca habíamos visto esto antes», mientras que los enfoques históricos desarrollados en ciertos territorios, donde existe una tradición de archivado bien establecida desde hace mucho tiempo, revelan que son pocos los casos en los que esta afirmación resulte ser válida.

---

### ¿Por qué esta cuestión?

---

Probablemente no sea necesario recordar la importancia que tienen con regularidad las inundaciones, desastres que se producen por todo el mundo, siempre vinculados a un evento meteorológico concreto, con consecuencias económicas considerables. De hecho, de todos los desastres naturales, es la amenaza natural más costosa a nivel financiero. Afecta indistintamente a países de todos los niveles de desarrollo y, como tal, se considera una preocupación universal. Las inundaciones dependen de la meteorología y están vinculadas con el clima, y desde hace algunos años está atrayendo una atención particular, debido al calentamiento constatado y a las consecuencias resultantes sobre las variables vinculadas al mismo. No obstante, este diagnóstico rápido merece un análisis más preciso. En primer lugar, cabe señalar que, salvo algunas excepciones, estos desastres son moderadamente letales, y sin duda menos letales ahora que en el pasado. El número de fallecimientos relacionados (directamente) con las inundaciones es relativamente pequeño en comparación con las estimaciones de la población potencialmente expuesta (casi el 15 % de la humanidad). También hay que señalar que, en las clasificaciones internacionales sobre el tema, como el Global Climate Risk Index 2020 de la organización no gubernamental (ONG) alemana Germanwatch e.V., este parámetro es, en su conjunto, inversamente proporcional al parámetro del coste de los desastres climáticos: en los países desarrollados, el número de fallecimientos sigue siendo anecdótico en comparación con otros factores, como los accidentes domésticos o de tráfico. Indudablemente, no hay que pasar por alto este aspecto del problema, ya que hay dramas individuales que no se pueden ignorar, y hay elementos de respuesta que abordaremos más adelante. Pero, globalmente, el problema de las inundaciones se plantea esencialmente en términos económicos y financieros.

¿Qué causa esta situación? Como cada vez somos más los que nos distribuimos en un espacio finito cuyos límites ya se han alcanzado, es probable que hablemos más de inundaciones porque ahora afecten a territorios con más presencia humana, y no necesariamente por una mayor frecuencia de desbordamientos de ríos. La cuestión merece ser planteada y analizada caso por caso.

El problema de las inundaciones se convierte rápidamente en un problema de gestión territorial y de interacción con el agua: cuál es el lugar del hombre y de sus actividades económicas, y el del agua, sabiendo que los dos varían en el tiempo, y de forma parcialmente aleatoria para esta última.

---

### **Las otras facetas del sector del agua**

---

Aunque el agua es un factor de riesgo de inundación, no se limita a esta dimensión: sigue siendo sobre todo un recurso, del que puede haber una grave escasez. En el orden de prioridad política que generalmente se le da, antes que nada, satisface las necesidades de abastecimiento de agua potable (función prioritaria en caso de restricciones); luego entra en los procesos económicos e industriales como factor imprescindible de producción; y finalmente, junto con el suelo y el trabajo, constituye el tercer componente esencial en el proceso de producción agrícola necesario para la alimentación (factor de ajuste utilizado generalmente por la importancia de las tomas para el riego). De forma más general, pero sin que sea tan fácil cuantificarla económicamente, el agua, factor medio-ambiental en el sentido amplio, condiciona el territorio con el que el hombre interactúa. Además, de su calidad depende en parte la calidad de vida buscada.

Cualquier interacción con el ciclo del agua motivada por una preocupación de prevención de los riesgos de inundación puede tener consecuencias en las demás dimensiones del sector del agua. El impacto tiene que ser considerado de antemano para conocerlo y limitar, de ser posible, los efectos inducidos. No es necesario hacer largos cálculos para ilustrar este punto: así, acelerar el desagüe para evacuar el agua de inundación reduce el tiempo de estancia del agua en el medio terrestre y, por lo tanto, la duración de las infiltraciones de las que depende la recarga de las capas freáticas utilizadas para el abastecimiento de agua potable: ¡por lo tanto, el recurso hídrico se reduce proporcionalmente! A la inversa, bloquear el agua en una presa reduce la superficie de intercambio (aún más si se aplica un criterio de estanqueidad en la búsqueda del emplazamiento del embalse elegido y además se «esteriliza» el espacio del embalse, que pasa a estar reservado a tiempo completo para el agua y deja de estar disponible para otras actividades humanas, aparte de la economía del ocio, llegado el caso...).

Por lo tanto, entendemos que esta doble dimensión del agua, a la vez de riesgo y de recurso, se debe integrar en los razonamientos para evitar la sustitución de un riesgo por otro. El agua es un «Jano» con dos caras que no se pueden ni deben ignorar...

---

## **El objetivo de esta obra**

---

Con esta obra se pretende contribuir a la divulgación de los conceptos útiles para comprender bien problemáticas del agua y determinar un enfoque eficaz y objetivo en la búsqueda de soluciones adaptadas.

Está dirigido a los profesionales, nuevos o experimentados, a los gestores de territorios confrontados con problemas de prevención de riesgos, pero también a los demás actores de estos mismos territorios que deseen poder limitar los impactos que puede generar una política de prevención de riesgos mal llevada.

No se pretende que sea una obra científica. Está dirigido a los profesionales que puedan aprovechar la experiencia acumulada por el autor, inicialmente investigador y luego observador de estos temas en diferentes regiones del mundo desde hace muchos años. El lector encontrará referencias para profundizar en las diversas partes del tema. La bibliografía, limitada a propósito, puede servir de punto de partida para esta investigación.

Este informe técnico se ha redactado como complemento de la Nota Técnica n.º 35, de noviembre de 2017, titulada: «El riesgo de inundación y las ciudades en los países en desarrollo». Su objetivo es ser a la vez más sintético y más preciso en el tratamiento de los conceptos.

# 1. Fundamentos

## 1.1. El fenómeno natural

Las inundaciones (corrientes de agua que se desbordan) están causadas principalmente por las fuertes escorrentías que las alimentan, a su vez provocadas por las fuertes precipitaciones. Aquí encontramos los elementos conocidos del ciclo del agua y la necesidad de analizar la génesis del fenómeno a la escala adaptada de la cuenca hidrográfica. Ese será el rol de la hidrología.

El agua es un líquido incompresible. Una vez que cae al suelo, y salvo la parte limitada que pueda infiltrarse, su volumen sólo puede distribuirse en el tiempo y en el espacio. Cualquier acción tendrá por efecto la modificación de esta distribución temporal o espacial. La solución extrema de la presa de almacenamiento permite retener el agua, durante varias semanas o varios meses, concentrándola en un espacio reservado. En cambio, las soluciones clásicas de recalibrado y de encauzamiento longitudinal tienen el efecto de acelerar los flujos aguas abajo. Aguas abajo de estos acondicionamientos tenemos, en un caso, una retención o una laminación de la onda de crecida, reduciendo su pico y aumentando su duración o, en el otro caso, aumentando su pico y reduciendo su duración. El rol de la hidráulica será analizar a lo largo de toda la línea de la corriente de agua la propagación y la deformación de la onda de crecida, así como los efectos inducidos por los acondicionamientos. No obstante, se entiende que la generalización de un mismo y único tipo de acondicionamiento tendrá necesariamente consecuencias negativas y que será necesario, de una manera u otra, diversificar las estrategias de gestión de estas ondas de crecida.

### **Ilustración 1. La cuenca hidrográfica y su diversidad**

Fuente: <http://www.mnivesse.com/portfolio/bassin-versant/>

Crédito fotográfico: OFB



En su estado natural, el lecho de un río está compuesto por varias «secciones»: el lecho menor, que es el resultado de un equilibrio geomorfológico entre los materiales que lo componen y la fuerza erosiva del régimen de caudales que circulen por allí. En un medio templado, la capacidad del lecho menor permite que pase la máxima crecida anual sin desbordarse... eso sí, por naturaleza ¡los ríos se desbordan de su lecho menor cada dos años de promedio! Luego están los lechos medios y mayores. No siempre son fáciles de distinguir, pero conservan la huella de los regímenes de lluvia y de las crecidas y definen la cobertura máxima de las inundaciones posibles. Ahora bien, una cosa es segura: ¡un lugar que se haya inundado podrá inundarse de nuevo en el futuro! (y sin duda se inundará).

Esta cobertura máxima permite cartografiar el conjunto de posibilidades y debería alertar a los usuarios del territorio, y en particular a los «decisores», de la existencia de una amenaza, aunque sea muy poco probable. El hecho de ser consciente de ello es un primer paso para su consideración y su prevención. Además, si analizamos estos elementos, queda claro que, teniendo en cuenta la magnitud del territorio en cuestión, es imposible dejar todo este espacio al agua: la utilización del territorio se tiene que compartir con el agua. Esto debe hacerse con pleno conocimiento de causa, siendo conscientes de la amenaza existente y, por lo tanto, del riesgo aceptado, para adaptar su práctica de acondicionamiento en consecuencia. Esta es una etapa esencial de la prevención.

**Fotografía 1. Los diferentes lechos de un río**

Crédito de la fotografía: Olivier Gilard – Myanmar – mayo de 2017.



---

## 1.2. Riesgo = amenaza (*combinada con*) vulnerabilidad

---

Existen varios enfoques para conceptualizar el riesgo. Sin embargo, en la actualidad se acepta generalmente que el riesgo es el resultado de la confrontación de dos factores: la amenaza y la vulnerabilidad. La amenaza mide la exposición de una parcela de territorio al fenómeno estudiado, mientras que la vulnerabilidad se relaciona con los bienes y las personas presentes. Por ejemplo, cuando un río se desborda en un bosque o en una pradera, nadie habla de ello; no obstante, ponga una casa allí y verá cómo ahora hay un riesgo. ¡Sólo ha cambiado la vulnerabilidad!

### 1.2.1. La vulnerabilidad del territorio: la estimación de los bienes y las personas en el lugar

Abordemos primero el factor de la vulnerabilidad, ya que suele ser el que se documenta y se entiende menos. También es el que más ha evolucionado en las últimas décadas, sin duda alguna, en todo el mundo, bajo la influencia del crecimiento demográfico, del desarrollo socioeconómico y de la tendencia a la urbanización.

Señalemos de antemano que no hay una definición universal de la vulnerabilidad: a lo largo de un río, e incluso dentro de un conjunto urbano, hay una gran diversidad de sensibilidades al agua a analizar con detenimiento: no es lo mismo un terreno baldío que una parcela arada, no es lo mismo un espacio verde urbano que una carretera, no es lo mismo un supermercado que una escuela o un hospital, no es lo mismo una urbanización densa que un conjunto de casas dispersas, no tiene las mismas limitaciones una casa de dos plantas que una casa de una sola planta...

#### **Fotografía 2. Diferentes tipos de vulnerabilidad**

Crédito de la fotografía: Olivier Gilard – Vietnam –  
periferia de la ciudad de Hô Chi Minh – enero de 2007.



Cabe señalar aquí que este factor se puede modificar con un cambio en la distribución espacial de la vulnerabilidad (rol de la planificación urbana y territorial) o con normas de construcción (entresuelo, pilotes...) y de ocupación del espacio.

**Fotografía 3. Las normas de construcción (pilotes) permiten reducir la vulnerabilidad de las viviendas**

Crédito de la fotografía: Olivier Gilard – Camboya – Phnom Penh – 2009.



Aplicando esto, en Francia, después de las inundaciones provocadas por la tormenta Xynthia en 2010, se modificaron casas para garantizar la existencia de una zona de refugio y la posibilidad de una evacuación por el tejado. Estas casas se consideran, con razón, menos vulnerables.

Los economistas han abordado este factor mediante análisis de daños (a veces en función de parámetros hidráulicos como la altura, la duración o la velocidad de la corriente). Pero parece evidente que la vulnerabilidad engloba más elementos, no sólo el valor económico directo, lo que hace más complejo su análisis. Por ejemplo, sería difícil asignar un valor de mercado a un álbum de fotos perdido, pero el impacto psicológico de su pérdida existe, especialmente para las personas mayores apegadas a sus recuerdos. Por otra parte, este enfoque borra muy rápidamente la distribución espacial de la vulnerabilidad, ya que es fácil sumar los daños posibles en el territorio en su conjunto.

### **Recuadro 1. ¿Por qué analizar la vulnerabilidad es algo tan difícil?**

Tomemos el ejemplo de un camping y una central nuclear: ¿cuál sería la ocupación del suelo que presentase la mayor vulnerabilidad? Se podría pensar en el camping, teniendo en cuenta las muertes que provocaría una inundación. Pero si se reflexiona más, las consecuencias de la inundación de una central nuclear serían incalculablemente mayores que las de la inundación de un camping. Independientemente del nivel de amenaza de la parcela, ¡la vulnerabilidad de una central nuclear es muchísimo mayor que la de un camping!

El ejemplo de un supermercado y una estación de bomberos podría llevar a pensar que la estación de bomberos es menos vulnerable que el supermercado porque las personas que están allí son muy conscientes de los riesgos... Pero si la estación de bomberos se inunda, ¡se verá afectado todo el dispositivo de gestión de crisis, por lo que los bomberos no podrán realizar ninguna intervención! Por lo tanto, esta estación de bomberos se tendría que considerar como más vulnerable que el supermercado y que proteger al máximo (es decir, reducir el nivel de amenaza).

Por último, ¿no deberíamos distinguir entre la vulnerabilidad desde el punto de vista de la «prevención» y la vulnerabilidad desde el punto de vista de la «gestión de crisis»? Volvamos a nuestro ejemplo: si la prevención se hubiera hecho bien, ¡quienes necesitarían ayuda inmediata serían la gente del camping y del supermercado y no la de la central nuclear y la estación de bomberos! En cierta forma, la escala de medición se invierte... Pero se sigue utilizando el mismo vocabulario, lo que puede generar confusión.

El análisis de la vulnerabilidad debe considerar varios niveles de imbricación y de percepción social. La percepción individual no es idéntica a la percepción municipal, que también es diferente a la escala de la cuenca geográfica y luego del país. Además, estos niveles entrelazados permiten relativizar una percepción individual acompañándola de mecanismos contruidos a otra escala territorial y social, como los mecanismos de seguro o las inversiones en infraestructuras colectivas. Cada nivel tiene un rol que desempeñar en la consideración del riesgo. Volveremos a tratar esto más adelante.

Cabe señalar que un análisis de la vulnerabilidad se puede realizar independientemente de la amenaza: una casa determinada (o cualquier otra estructura), si se inunda, se puede caracterizar mediante una curva de daños. Esto es así independientemente de si se encuentra en una llanura inundable o no (lo que cambia es la probabilidad de que se produzcan esas inundaciones). Es esencial respetar esta independencia de los factores para tener la mejor objetividad posible y diferenciar bien el concepto de vulnerabilidad del concepto de riesgo.

Por último, vamos a utilizar el término vulnerabilidad, que es más amplio (espacial, económica, psicológica, etc.) en vez del de exposición, aunque la literatura especializada lo utilice en contextos muy diferentes, lo que termina confundiendo su significado.

## 1.2.2. La amenaza de inundación

Mientras que la vulnerabilidad esencialmente está dentro del ámbito socioeconómico, el factor «amenaza» está directamente relacionado con el fenómeno hidrológico e hidráulico. Su primera característica es su extrema variabilidad intrínseca: la observación de las crecidas de un río muestra que cada evento es único, con sus características de caudal máximo (intensidad) y de volumen (duración), su dinámica, etc. Los hidrólogos han desarrollado modelos estadísticos para resumir esta variabilidad y poderla utilizar. Los más interesantes sin duda son las representaciones en caudal-duración-frecuencia del régimen de crecidas de una corriente de agua, que garantizan, por su coherencia global, una representación sólida, limitando así el efecto de las incertidumbres. No obstante, su calidad depende del volumen de datos de observación disponibles y, en particular, de la longitud de las series cronológicas para disponer de una estimación fiable de los eventos de frecuencia rara.

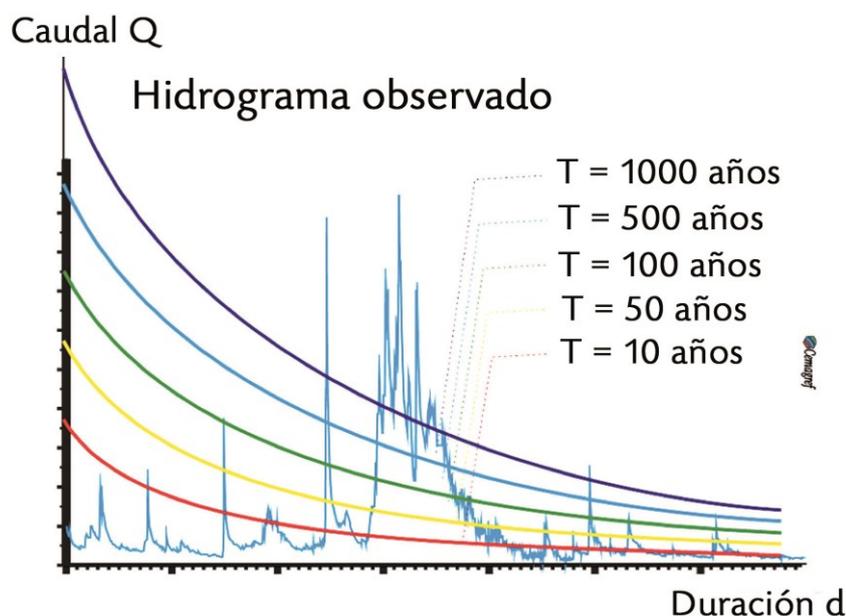
La hidrometría, que proporciona los datos básicos, dista mucho de ser una ciencia exacta en sí misma, sobre todo porque sólo se puede medir realmente de manera continua el nivel de la superficie del agua. Las demás variables, como el caudal, son el resultado de una primera modelización de los fenómenos, apoyada en otras mediciones puntuales (curvas de tarado). Además, el mantenimiento de las redes de mediciones hidrométricas sigue siendo un desafío permanente a largo plazo.

La estimación de los caudales en las crecidas excepcionales también es un «arte» y la imprecisión de estos valores sigue siendo considerable, independientemente de los esfuerzos realizados para reducirla.

Lo importante es la coherencia de todo el régimen descrito, más que el valor preciso de una frecuencia concreta. Además, hay que recordar los límites de los modelos lluvia-caudal, cuya calidad descriptiva depende estrechamente de la cantidad de datos de calibración disponibles, lo que, cuando se aplica a frecuencias raras, incita a la prudencia. Es importante que haya investigadores que sigan trabajando en ellos. Sin embargo, rara vez se pueden utilizar operativamente en contextos en los que los datos sean limitados, lo que por desgracia sigue siendo demasiado frecuente en los países en desarrollo.

**Gráfico 1. Las curvas de caudal–duración–frecuencia (QdF):  
Representación sintética de la amenaza de crecida teniendo en cuenta todo el régimen  
de crecidas de un río**

Fuente: Guide pratique de la méthode inondabilité – O. Gilard – étude inter-agences n.º 60 – 1998.



**Recuadro 2. Evento frente a Régimen de crecida.**

Sobre todo después de un evento que haya provocado un desastre o una crisis, se tiende a limitar la amenaza únicamente a ese evento.

Ahora bien, la definición de la amenaza debe tener en cuenta todo el conjunto de posibilidades y no limitarse a un evento de referencia concreto, cuya probabilidad de incidencia idéntica sea casi nula, ya que cada inundación particular tiene sus propias características, relacionadas con elementos muy circunstanciales y contextuales (como una obstrucción bajo un puente, la ruptura de un dique, etc.).

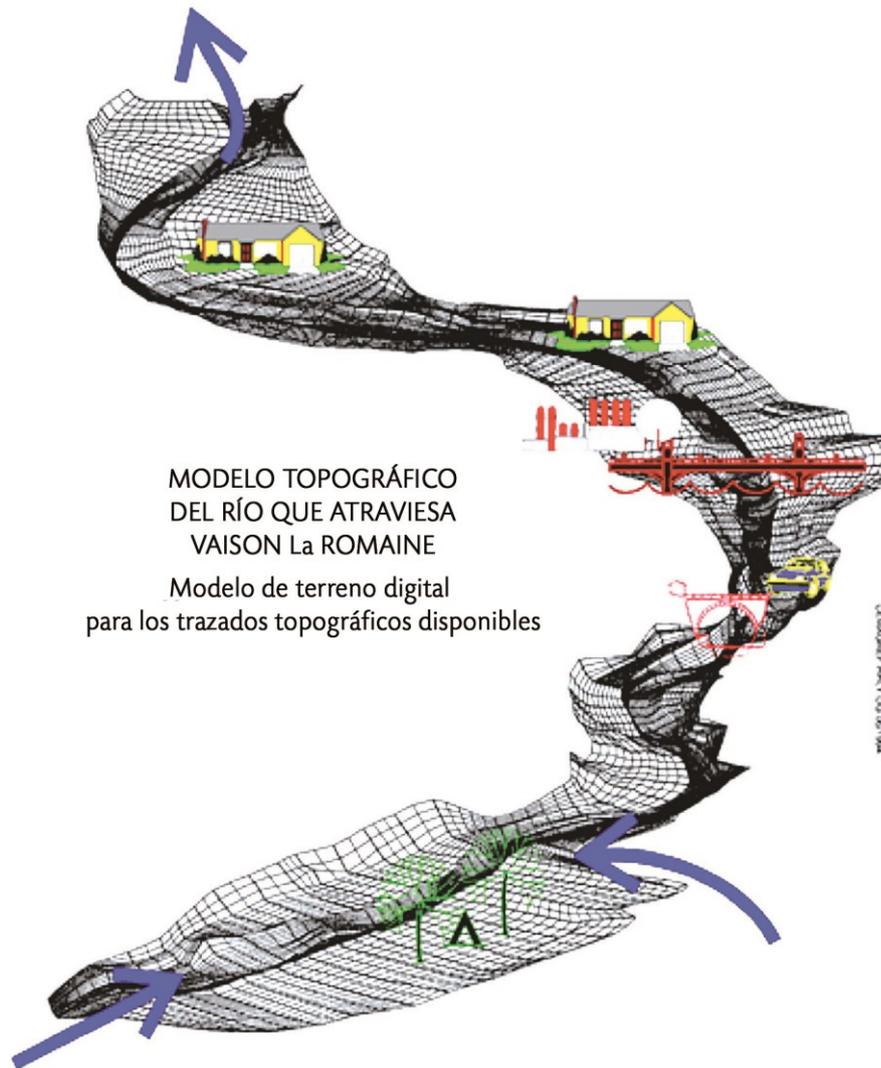
Por último, la amenaza tiene una incidencia espacial que conviene abordar: es el rol de la hidráulica, el de transformar los datos hidrológicos en altura de agua y de ahí, en distribución espacial.

En lo anterior, se hace referencia a las inundaciones relacionadas con los desbordamientos de las corrientes de agua, que se caracterizan por una disociación parcial entre el territorio que genera la crecida (la cuenca hidrográfica) y el territorio expuesto a la amenaza (el lecho mayor de la corriente de agua).

No obstante, el razonamiento se puede adaptar a las inundaciones directamente relacionadas con las lluvias y a las escorrentías urbanas inducidas. En ese caso, la amenaza se describe por el régimen de lluvias, representado a su vez por las curvas de intensidad–duración–frecuencia.

**Ilustración 2. Modelo digital de terreno que permite la modelización hidráulica de un río**

Fuente: Ilustración concebida por el autor – estudio para el Cemagref – 1993.



Por último, sean cuales sean los acondicionamientos propuestos, al ser el agua un líquido incompresible, sólo puede desplazarse en el tiempo o en el espacio: cualquier acondicionamiento «hidráulico» tiene por efecto el modificar esta distribución espacio-temporal, que conviene identificar bien para evitar que el riesgo se desplace, incluso aumente, en vez de reducirse.

**Ilustración 3. Transferencia de los volúmenes de agua de inundación por los acondicionamientos: diferentes estrategias posibles**

Fuente: Guide pratique de la méthode inondabilité – O. Gilard – étude inter-agences n.º 60 – 1998.



El fenómeno de laminación inducido por las zonas de expansión de las crecidas y los embalses equivale a reducir los picos de crecida (reducción de la intensidad) repartiéndolos en el tiempo (aumento de la duración), como ilustra el gráfico que tan bien conocen los ingenieros hidráulicos.

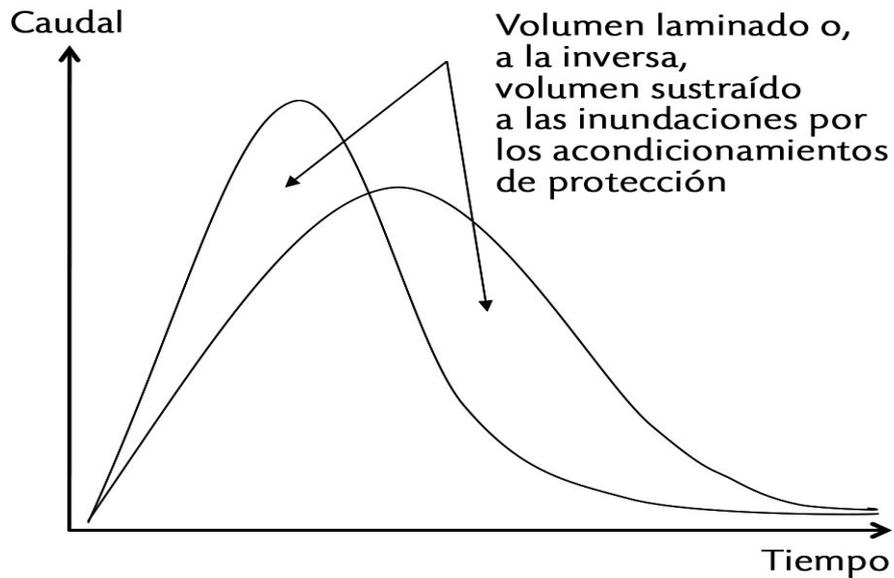
**Recuadro 3. El fenómeno de laminación**

La laminación es especialmente eficaz cuando los volúmenes implicados son pequeños o cuando las duraciones son cortas. Por el contrario, para los fenómenos lentos que impliquen grandes volúmenes, la eficacia de la laminación requiere grandes superficies de almacenamiento. Así, una obra puede ser eficaz para las crecidas frecuentes y poco útil para crecidas excepcionales que saturen su capacidad. A la inversa, imaginemos obras que sólo se movilicen para eventos excepcionales, posibilitando así la reducción de la incidencia: en ese caso, el espacio considerado puede conservar otra utilización económica para los eventos corrientes, cuyas pérdidas, en caso de evento excepcional, estén compensadas con otros mecanismos (seguros, etc.).

También hay que tener en cuenta que cualquier solución que acelere los flujos y que reduzca las zonas de dispersión de las crecidas tiene el efecto contrario: ¡acortar la duración característica y aumentar el caudal máximo con posibles consecuencias negativas aguas abajo!

**Gráfico 2. El principio de la laminación (y su opuesto)**

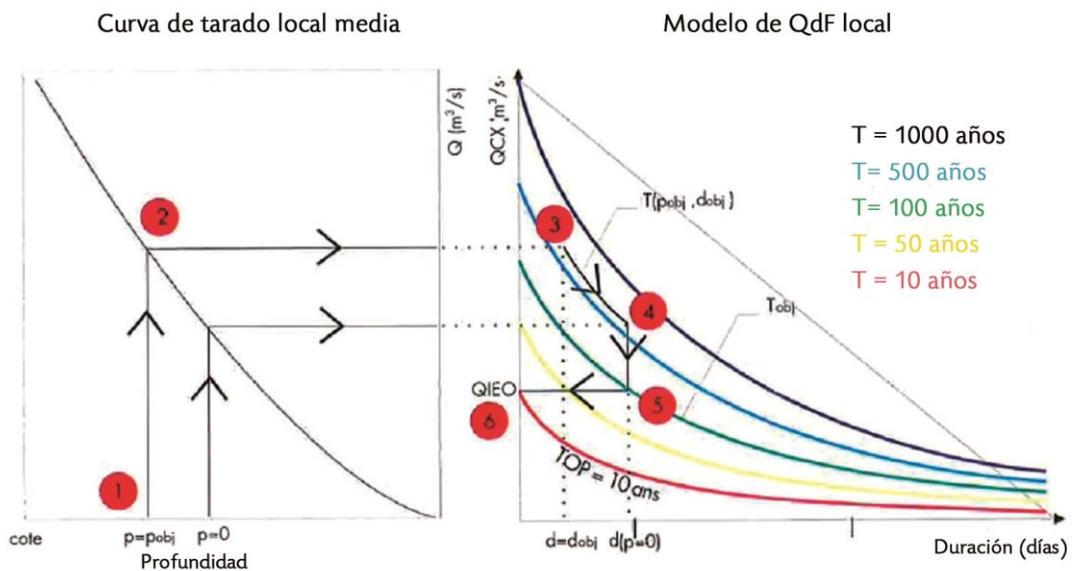
Fuente: el autor.



A estas alturas, también hay que recordar que, en condiciones naturales, estos fenómenos son generalmente «continuos» y «progresivos» (salvo el fenómeno puntual de obstrucción y de su ruptura en ciertas circunstancias). Esto significa que una parcela, para que se inunde con un metro de agua en el caso de crecida poco frecuente, debe estar ya inundada con un centímetro de agua en el caso de crecida más frecuente. A la inversa, esto significa que la información «una parcela sólo está afectada por el agua por un periodo de retorno  $T$ » contiene en su interior toda la información de lo que ocurre para los demás periodos de retorno, en términos de altura y de duración de la inundación.

**Gráfico 3. Equivalencia de diferentes características de la inundación**

Fuente: Guide pratique de la méthode inondabilité – O. Gilard – étude inter-agences n.º 60 – 1998.



Objetivo de protección: pob (pobj), caudal (dobj), tiempo (Tobj)

De ello se puede deducir que las inundaciones no pueden ser simultáneamente más frecuentes y más intensas: o bien son más frecuentes con una intensidad determinada, o bien son más intensas con una frecuencia determinada, lo que equivale a trasladar el conjunto de curvas QdF (caudal-duración-frecuencia) que representan el régimen hidrológico. Por desgracia, este error se comete a menudo, sobre todo en la prensa, en particular, al referirse a los efectos del cambio climático.

Esta progresividad y esta continuidad se pueden modificar con acondicionamientos hidráulicos y, en particular, con diques que, en caso de rebose o de ruptura, crean discontinuidades haciendo que se pase de una situación de no inundación a una situación de inundaciones muy altas, de larga duración y muy rápidas en cuanto un evento concreto supera la referencia que se utilizó para el dimensionamiento de la obra. Estos efectos de umbral son mucho más difíciles de gestionar y son los que acaban provocando las mayores catástrofes: al resolver el problema de las pequeñas crecidas con un dique, se puede agravar gravemente el impacto de una crecida excepcional, y más aún porque la gente habrá «olvidado» la existencia de este riesgo residual y se creará a salvo.

**Fotografía 4. El río Moldava en Praga en 2002: riesgo de desastre si se rompe el dique**

Crédito de la fotografía: Pierrick Givone (comunicación personal – todos los derechos reservados).

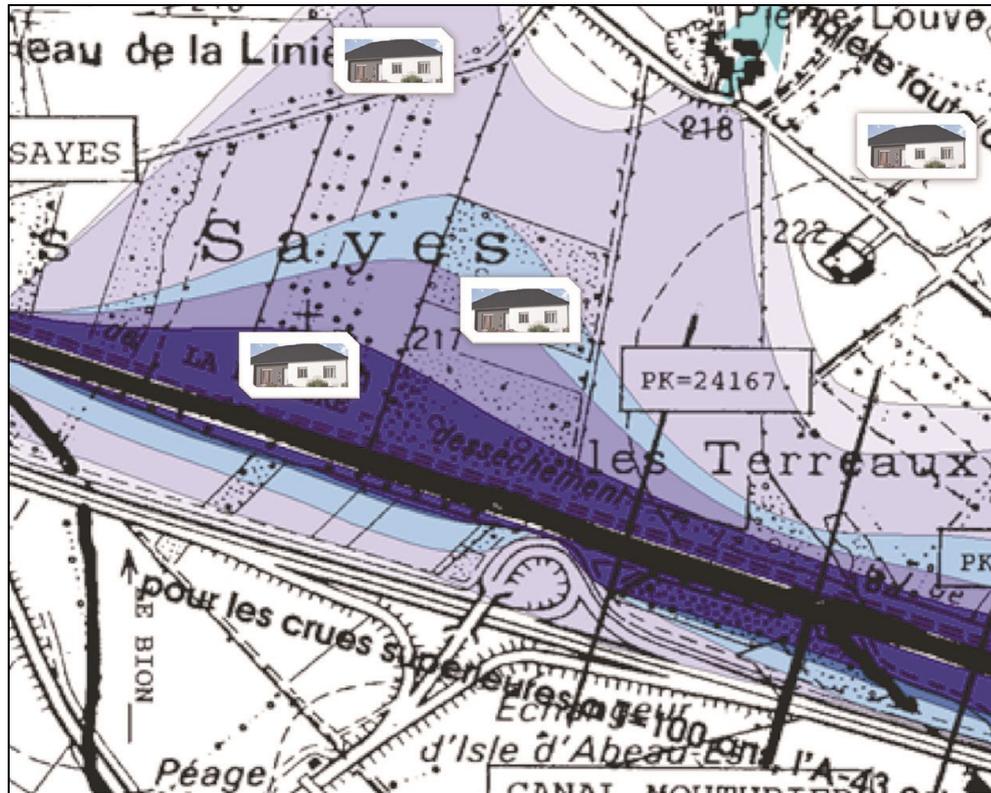


### **1.2.3. La combinación de los conceptos de vulnerabilidad y de amenaza**

Para conseguir calificar el riesgo, es indispensable combinar los dos conceptos de vulnerabilidad y de amenaza.

En el mapa 1, vemos que la misma casa (vulnerabilidad equivalente) situada en diferentes lugares de una llanura parcialmente inundable no da la misma situación de riesgo.

**Mapa 1. Misma vulnerabilidad, pero diferente amenaza según la posición**  
Fuente: el autor. Estudio para Cemagref, 1992.



A la inversa, dos casas arquitectónicamente diferentes, por ejemplo, con o sin una planta alta, en la misma parcela inundable, también dan niveles de riesgo diferentes aunque el nivel de la amenaza sea el mismo.

**Ilustración 4. Misma amenaza, pero diferente vulnerabilidad según el hábitat**  
Fuente: el autor. Creación original. Todos los derechos reservados.



El enfoque más tradicional consiste en multiplicar un coste de los daños (vulnerabilidad) por una probabilidad de ocurrencia (amenaza) e integrar eventualmente esta función en todo el conjunto de posibilidades. Este enfoque tiene dos puntos débiles: por un lado, la función es siempre positiva y la búsqueda de la minimización del riesgo conlleva de facto la búsqueda interminable de un riesgo cero, el único mínimo de una función positiva. Por otro lado, no permite un análisis detallado y espacial.

### Ilustración 5. La combinación clásica de la amenaza (el dado) y la vulnerabilidad (la estimación del coste de los daños)

Fuente: el autor.



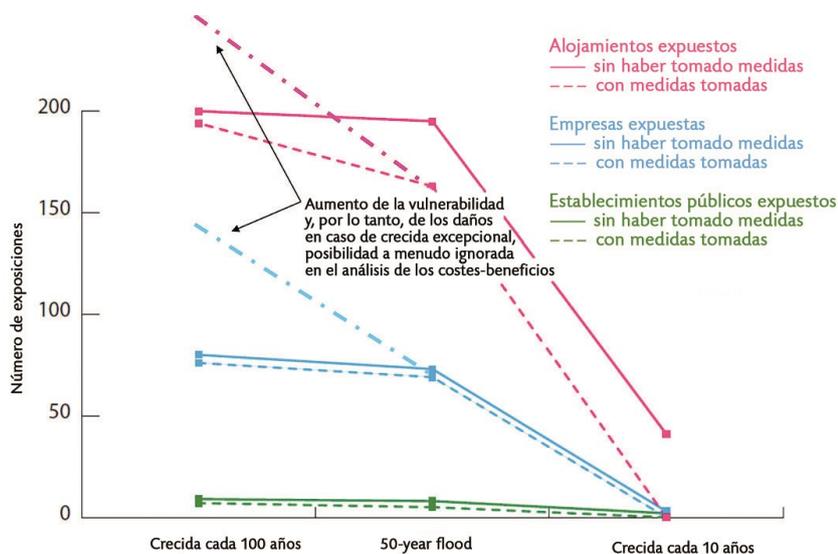
El resultado es el mismo cuando se compara el coste de los daños con el coste de la inversión en una gran infraestructura de protección: sin una explicitación del riesgo aceptado, siempre llegará un momento en que el coste de la infraestructura será superado por el coste de los daños resultantes de una crecida más excepcional que la utilizada como referencia para el dimensionamiento, justificando así una inversión adicional. Esto explica la espiral del acondicionamiento que hace que se encadenen una disminución de la amenaza con un aumento de la vulnerabilidad, que finalmente se traduce en un aumento del riesgo, contrariamente a la argumentación utilizada inicialmente para justificar las inversiones aprobadas para reducir la amenaza.

#### Recuadro 4. Ilustración de la espiral del acondicionamiento

En la mayoría de los casos, este enfoque no toma bien en cuenta el hecho de que siga existiendo un riesgo residual vinculado a eventos que sobrepasen los que se hayan usado para el dimensionamiento de las infraestructuras de protección, así como la evolución de la vulnerabilidad debido a la protección realizada.

El Gráfico 4, extraído de la Guía del análisis coste-beneficio del CEPRI (Centro europeo para la prevención de los riesgos de inundación) –modificado por el autor– lo ilustra, añadiendo una evolución probable de la vulnerabilidad como resultado del acondicionamiento de protección. (cf. [http://www.cepri.net/tl\\_files/pdf/guideacb.pdf](http://www.cepri.net/tl_files/pdf/guideacb.pdf)).

Gráfico 4. Efecto posible de una medida de protección en la evolución de la vulnerabilidad

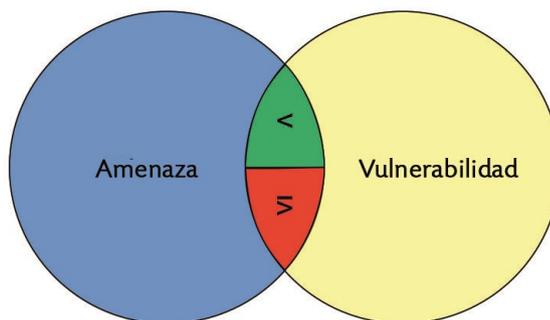


Si admitimos el principio de que «el riesgo cero no existe», eso significa que estamos admitiendo que la noción de riesgo es aceptable y, en consecuencia, la existencia de situaciones con riesgo positivo (inaceptable) y negativo (aceptable). Esto implica que la amenaza y la vulnerabilidad se tendrían que sumar, en vez de multiplicar. Por último, es necesario representar la diversidad de las situaciones a nivel de cada parcela para tener una representación espacial del riesgo que permita identificar soluciones posibles. Al igual que la amenaza (el agua) se desplaza en el espacio con los acondicionamientos, el riesgo se distribuye de forma diferente cuando también se modifica el factor de vulnerabilidad (la ocupación del espacio), algo que hace que el riesgo sea aceptable en todas partes.

En los años noventa, el Cemagref (Centro nacional de mecanización agrícola de ingeniería rural, de las aguas y de los bosques), que posteriormente se convirtió en el IRSTEA (Instituto nacional de investigación en ciencias y tecnologías para el medio ambiente y la agricultura) y luego en el INRAE (Instituto nacional de investigación para la agricultura, la alimentación y el medio ambiente), lideró un proyecto con un razonable éxito de modelización del riesgo, conocido como el programa Inundabilidad. No obstante, este método no se aplicó fuera del ámbito de la investigación.

**Ilustración 6. Combinación de la amenaza (periodo de retorno equivalente a la amenaza, TAL) y la vulnerabilidad (periodo de retorno equivalente al objetivo de protección, TOP) en el método Inundabilidad**

Fuente: Cemagref, 1992.



Los trabajos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), siguiendo los de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR –*United Nations International Strategy for Disaster Reduction*), han introducido un tercer elemento para conceptualizar el riesgo, además de la amenaza y de la vulnerabilidad: la exposición; consecuencia sin duda del hecho de que la UNISDR intenta tomar en consideración el conjunto de los riesgos de cualquier naturaleza. Al limitarnos sólo al riesgo de inundación, cuya distribución espacial se puede definir durante la caracterización de la amenaza, podemos concluir que la exposición no es independiente ni de la amenaza ni de la vulnerabilidad, y que de hecho es redundante con el concepto de riesgo tal y como aparece definido anteriormente.

Al igual que con la definición de la vulnerabilidad, lo que puede ser válido para analizar una situación de crisis no es necesariamente válido desde una perspectiva de prevención o de acondicionamiento.

---

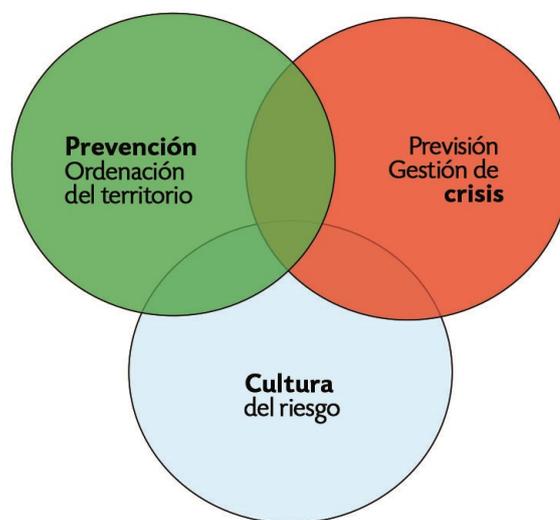
### 1.3. Los tres componentes de la gestión de riesgos

---

En términos de política de respuesta a los desastres naturales y a las inundaciones, en particular, las acciones posibles se pueden clasificar en tres componentes principales complementarios, pero de naturaleza diferente, a saber:

- la prevención,
- la gestión de crisis,
- la cultura del riesgo.

**Ilustración 7. Los tres componentes de una política de consideración de los riesgos de inundación o de reducción del riesgo de desastre causado por las inundaciones**  
Fuente: el autor. Creación original.



La prevención consiste en tomar medidas para asegurarse de que el nivel de riesgo que se haya asumido sea aceptable y que sea bien conocido. Se integra en la gestión de un territorio y no puede limitarse a un enfoque de los fenómenos basado en los eventos.

La gestión de crisis y los mecanismos de seguros, al reconocer el nivel de riesgo (residual) aceptado, permiten implementar medidas *ad hoc* para reducir el impacto de las catástrofes inevitables y reforzar la resiliencia de las personas y de los territorios. A diferencia de la prevención, predomina un enfoque basado en los eventos.

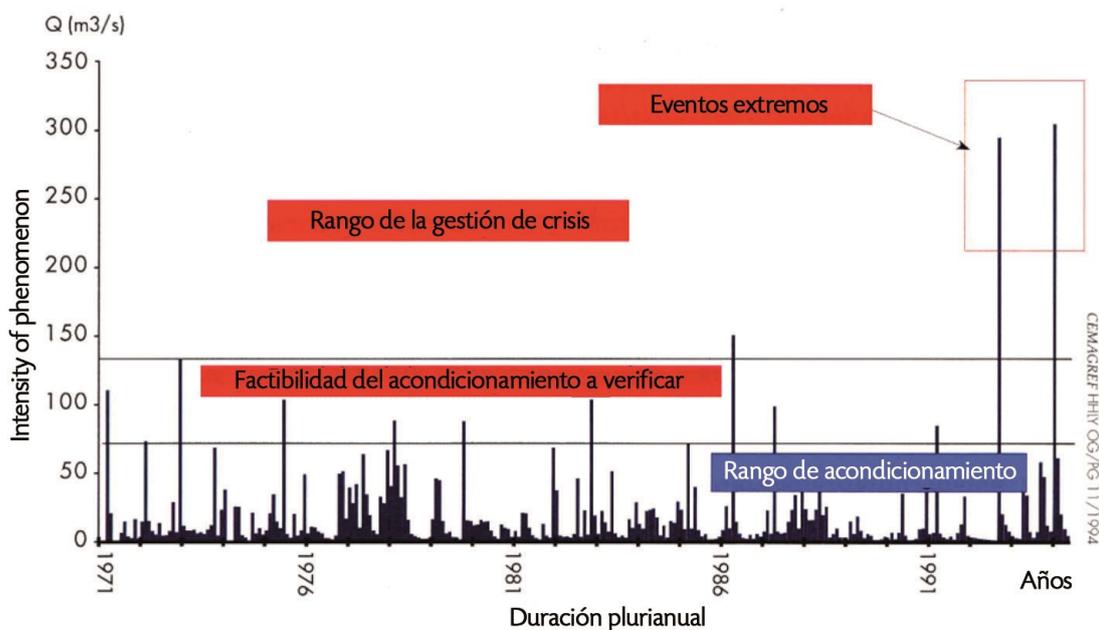
La cultura del riesgo permite compartir conocimientos entre las personas y las instituciones concernidas para mantener la conciencia del riesgo aceptado y de la posibilidad de que se produzcan crisis, y fomentar así reacciones individuales y colectivas adaptadas a las situaciones de crisis, tanto en términos de prevención como de comportamiento.

La combinación de estos tres enfoques se debe adaptar a la variabilidad natural del fenómeno: de hecho, es ilusorio intentar protegerse de los eventos más raros con protecciones estructurales, cuando una buena gestión de crisis permite limitar sus efectos. A la inversa, los eventos más frecuentes se deben poder tratar con una buena prevención, que se base en la amenaza y la vulnerabilidad, para que la actividad económica regular sea compatible con la situación de riesgo, una vez controlada. ¿Dónde está el límite entre estos elementos?

Toda la cuestión del riesgo aceptable debe ser negociada localmente con los diferentes actores presentes en el territorio y debe ser adaptada espacialmente en función de la vulnerabilidad local (no se van a proteger de la misma forma una zona agrícola y una zona urbana).

**Gráfico 5. Ilustración de la parte de la amenaza que se puede gestionar con estrategias de prevención o de previsión / gestión de crisis**

Fuente: Guide pratique de la méthode inondabilité – O. Gilard – étude inter-agences n.º 60 – 1998.



### 1.3.1. La prevención de los riesgos de inundación para limitar los daños

Se entiende por prevención el conjunto de las medidas tomadas para controlar el nivel de amenaza (medidas hidráulicas) y de vulnerabilidad (uso del suelo, normas de construcción...). Se debe articular a través de la ordenación del territorio con medidas estructurales y no estructurales, siguiendo un proceso negociado entre el conjunto de los individuos y de las instituciones. Todo ello debe hacerse en una escala espacial adaptada para aprovechar la diversidad de situaciones y utilizarlas para conseguir márgenes de maniobra.

La prevención implica a todas las instituciones responsables de la ordenación del territorio y debe encontrar compromisos negociados entre las diversas preocupaciones de estos actores: económicas, medioambientales, urbanísticas, paisajísticas, etc. Las prioridades pueden cambiar con el tiempo y la prevención de riesgos se reaviva a menudo después de un evento catastrófico o que casi lo fue. Pero los otros objetivos, como el crecimiento urbano y el desarrollo económico, son igual de legítimos y necesarios.



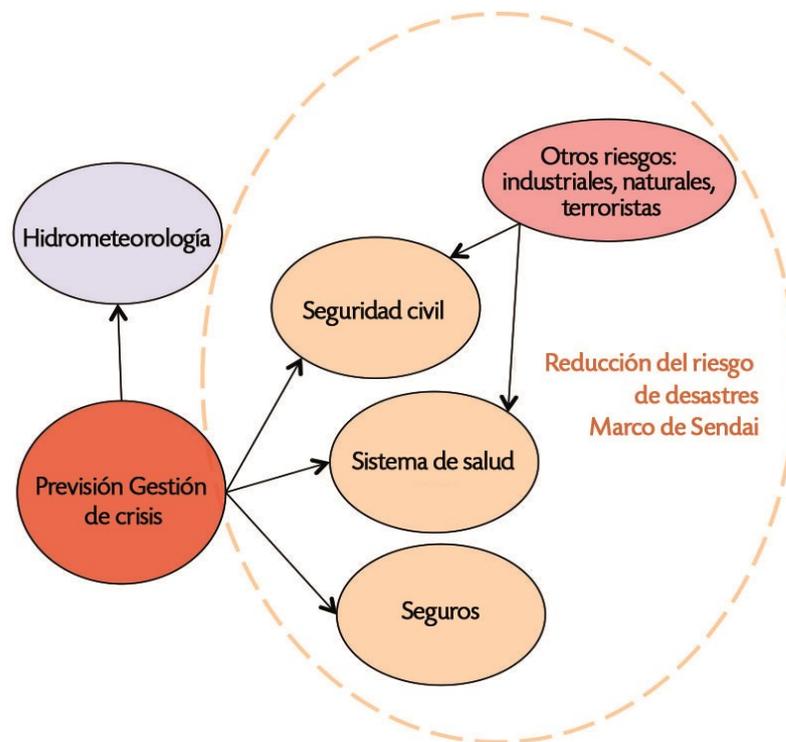
### 1.3.2. La gestión de crisis para una buena resiliencia

Mientras la prevención no sea absoluta, se producirán crisis de vez en cuando, como resultado de los compromisos aceptados, mencionados en la sección anterior. Por lo tanto, hay que establecer dispositivos para gestionar estas crisis de forma eficaz.

Existe una abundante literatura que describe las modalidades de gestión de crisis: planes de emergencia, dispositivos de alerta, crisis, postcrisis, limpiezas, reconstrucciones, lecciones aprendidas, etc. La gestión de crisis recurre a otras instituciones que las que intervienen en tiempo normal: servicios de emergencia, seguridad civil, fuerzas del orden, etc.

**Esquema 2. Los diferentes elementos que entran en la política de previsión de crisis y de gestión de desastres**

Fuente: el autor. Creación original.



Una gestión de crisis eficaz puede reducir en gran medida el riesgo letal con la evacuación de las personas. Sin embargo, hay que tener en cuenta que una prevención mal pensada puede aumentar la dificultad de la alerta y, por lo tanto, el riesgo en el caso de crisis por la aparición de un efecto de umbral que generalmente no exista en el estado natural (por ej., en el caso de un rebose o de la rotura de un dique).

Por otro lado, incluso la gestión de crisis más eficaz tiene poco impacto en los daños económicos, ya que sólo se pueden poner a salvo los bienes fácilmente trasladables. Cuanto más rápida sea la dinámica de los fenómenos (como en el caso de los regímenes climáticos mediterráneos o tropicales), menor eficaz será la alerta en términos de reducción de los daños financieros, debido al poco tiempo para la toma de decisiones entre la previsión y la aparición del fenómeno.

En el caso de dinámicas más lentas (inundaciones de algunos días o de semanas en las riberas de los grandes ríos), la alerta puede permitir el despliegue de dispositivos de protección temporal localizados para proteger a ciertos sectores con bienes particulares a proteger. Pero hay que recordar que una crisis, en su punto álgido, provoca una desorganización momentánea de numerosos servicios. Los dispositivos desplegados en periodo de crisis no siempre disponen de la considerable mano de obra que necesitan, y los sistemas que supuestamente son automáticos a veces no funcionan por fallos en los sistemas de electricidad o de comunicación. Cuando el grado de exposición es muy alto (por ejemplo, una central nuclear es extremadamente vulnerable y, por lo tanto, un factor de riesgo adicional), es esencial prever dispositivos redundantes y poder funcionar en un modo degradado para atravesar las crisis sin aumentar el desastre.

Estos dispositivos permiten mejorar la resiliencia en la gestión de crisis y acelerar la vuelta a la normalidad.

Es importante señalar que las competencias hidrometeorológicas necesarias para gestionar bien las crisis, en tiempo real y con un futuro incierto, no son las mismas que las necesarias para predeterminar la amenaza y, por lo tanto, el riesgo. Las crisis están definidas por la naturaleza única del evento que las haya causado, que con toda seguridad no se va a repetir nunca precisamente de la misma manera, lo que hace que, hasta cierto punto, sea imposible predecirlas.

La previsión de eventos excepcionales es un arte, especialmente difícil puesto que estos eventos, por su naturaleza, no aparecen en los modelos que describen el funcionamiento «normal», y tampoco en la medición (en general, no se puede organizar una medición durante una crecida excepcional). Para que sean precisos, tanto los modelos hidrológicos como los hidráulicos se deben basar en los datos observados, pero en ellos siempre suele haber errores, aún más cuando el evento observado es excepcional y, por lo tanto, difícil de medir. ¡Intentar predecir lo excepcional es como contradictorio!

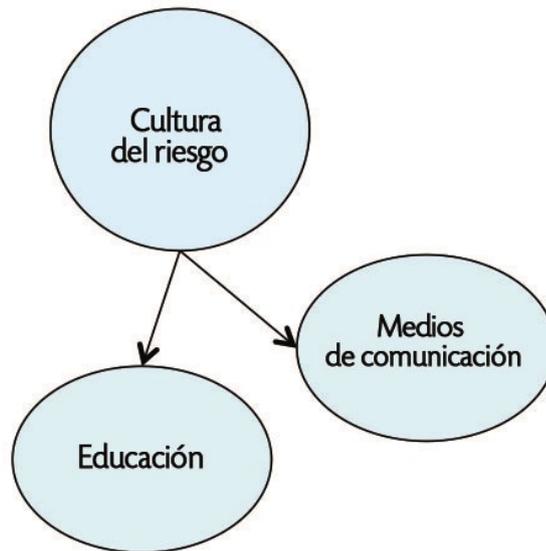
### **1.3.3. La culture du risque, un préalable La cultura del riesgo, un requisito previo**

Por último, la cultura del riesgo es el tercer componente de una política de gestión de riesgos eficaz, sin el cual los otros dos componentes pierden su eficacia. De hecho, una población que no esté lo suficientemente sensibilizada sobre el riesgo, no va a interpretar correctamente los mensajes que emanen de las instituciones encargadas de la prevención o de la gestión de crisis. Si bien el problema depende en gran medida de procesos colectivos, su resolución también depende de un comportamiento individual apropiado.

Esto es verdad en el ámbito de la prevención. Sin una cultura del riesgo, las denegaciones de permisos de construcción debido a los altos niveles de amenaza o las normas de construcción que puedan aumentar el coste de la construcción pueden ser malinterpretadas y no aplicadas, hasta la siguiente crisis, tras la cual los individuos se enfrentan a la colectividad, incluso pidiendo la responsabilidad penal si sucede una tragedia.

**Esquema 3. Los diferentes elementos que entran en la política para desarrollar una cultura del riesgo**

Fuente: el autor. Creación original.



Esto también es cierto en el ámbito de la gestión de crisis, ya que su eficacia depende de comportamientos «reflejos» que no dejan tiempo de reflexión en ese momento. Esto sucede especialmente en el caso de las órdenes de evacuación, que sólo se siguen de forma inmediata si antes se ha hecho un trabajo de terreno psicosociológico apropiado.

Sin una comunicación regular y una educación sobre los riesgos, desaparecen la memoria y la cultura del riesgo, lo que refuerza una sensación de seguridad que sólo es válida por debajo de un cierto umbral.

Por otra parte, esta cultura del riesgo es indispensable para poder tomar decisiones políticas y medidas presupuestarias necesarias para financiar inversiones destinadas a documentar, prevenir y prever mejor los riesgos naturales, dándoles la suficiente prioridad.

La cartografía de las amenazas, de las vulnerabilidades y de los riesgos es un elemento esencial de esta cultura del riesgo, independientemente de lo precisa que pueda ser: los mapas son la base de discusiones valiosas para todos los actores implicados en el tema.

---

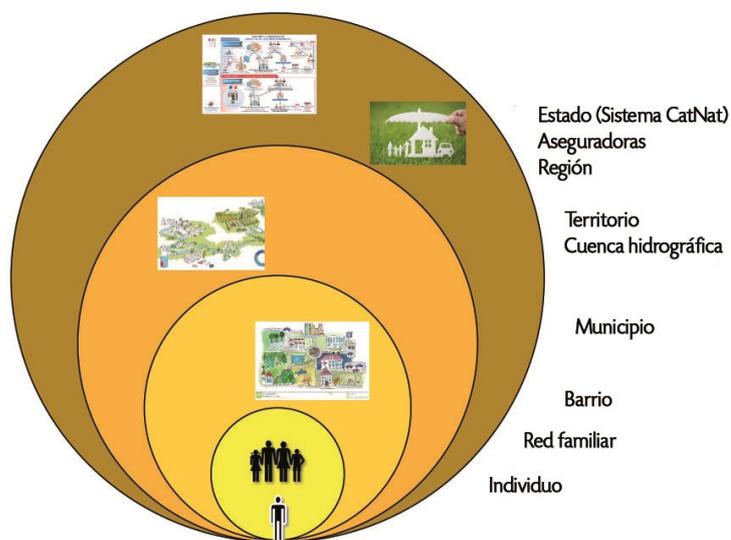
#### **1.4. La imbricación de las escalas de solidaridad**

---

Parece importante concluir este capítulo sobre los conceptos fundamentales destacando las diferentes escalas espaciales y sociales que deben encajar para dar respuesta eficazmente a la problemática de la prevención de los riesgos de inundación.

### Ilustración 8. La imbricación de las diferentes escalas geográficas y sociales que condicionan la vulnerabilidad y la amenaza

Fuente: el autor. Creación original.



La escala operacional es la de la corriente de agua, incluyendo su cuenca hidrográfica para los aportes. Es la escala correcta para identificar bien los efectos de transferencia causados por los acondicionamientos hidráulicos. También ofrece una variedad de utilidades de los suelos, y de ahí de vulnerabilidad, proporcionando un margen de maniobra y de negociación, en particular, sobre la aceptabilidad de un cierto nivel de riesgo diferenciado por zonas. Aunque las consecuencias de las inundaciones se suelen percibir principalmente en las zonas urbanas, la búsqueda de soluciones puede implicar la negociación con las zonas rurales circundantes, que son más propensas a tolerar una tensión hidráulica, siempre que vaya acompañada de modalidades compensatorias *ad hoc*. Las zonas urbanas, aunque tengan una cierta diversidad, no ofrecen estos márgenes de maniobra. Por otro lado, a escala urbana es donde hay que tratar los riesgos de inundación pluvial y de escorrentía urbana.

Esta dimensión colectiva no debe ocultar una parte de responsabilidad individual: si bien la exposición de una parcela a una amenaza depende de factores externos, su vulnerabilidad depende en parte de los esfuerzos realizados por cada propietario. De ahí que haya un elemento de implicación individual para reducir globalmente el riesgo. Esto debe y puede ser fomentado por el nivel superior (colectividad local, etc.).

Por último, la solidaridad de estos niveles superiores debe manifestarse durante las crisis excepcionales. En general, todo el territorio operacional se ve afectado por el mismo evento, y es necesario buscar puntualmente recursos de ayuda fuera de este territorio: el papel de la solidaridad nacional y de los mecanismos de seguro es mutualizar a una escala mucho mayor la respuesta aportada al riesgo que se manifiesta localmente. Así es como se construye la resiliencia que permite recuperarse de una crisis por la que se acaba de pasar. Pero debemos tener cuidado, colectivamente, de que el aumento de la vulnerabilidad no lleve al colapso del sistema global en el caso de crisis extrema. Cuando el riesgo se convierte en sistémico y las crisis afectan simultáneamente a un conjunto muy amplio, estos mecanismos pueden verse amenazados.

Este factor puede explicar la diferencia entre la situación de los países desarrollados, enfrentados a una crisis, y la de los países menos adelantados, en los que los progresos de la gobernanza y los medios financieros disponibles no permiten aún una gran eficacia de estas escalas de solidaridad imbricadas. Estas debilidades de gobernanza tienen consecuencias tanto en el establecimiento de una política de prevención (dificultad de aplicación de los reglamentos de urbanismo e insuficientes capacidades financieras para invertir en la prevención) como en las políticas de gestión de crisis (coordinación entre los actores y medios de funcionamiento de los dispositivos de emergencia), a veces compensadas en parte por una mejor cultura individual del riesgo, ya que los individuos cuentan poco con los niveles superiores en caso de crisis.

## 2. De la De la teoría a la práctica

### 2.1. ¿Qué es un proyecto de reducción de los riesgos de inundación?

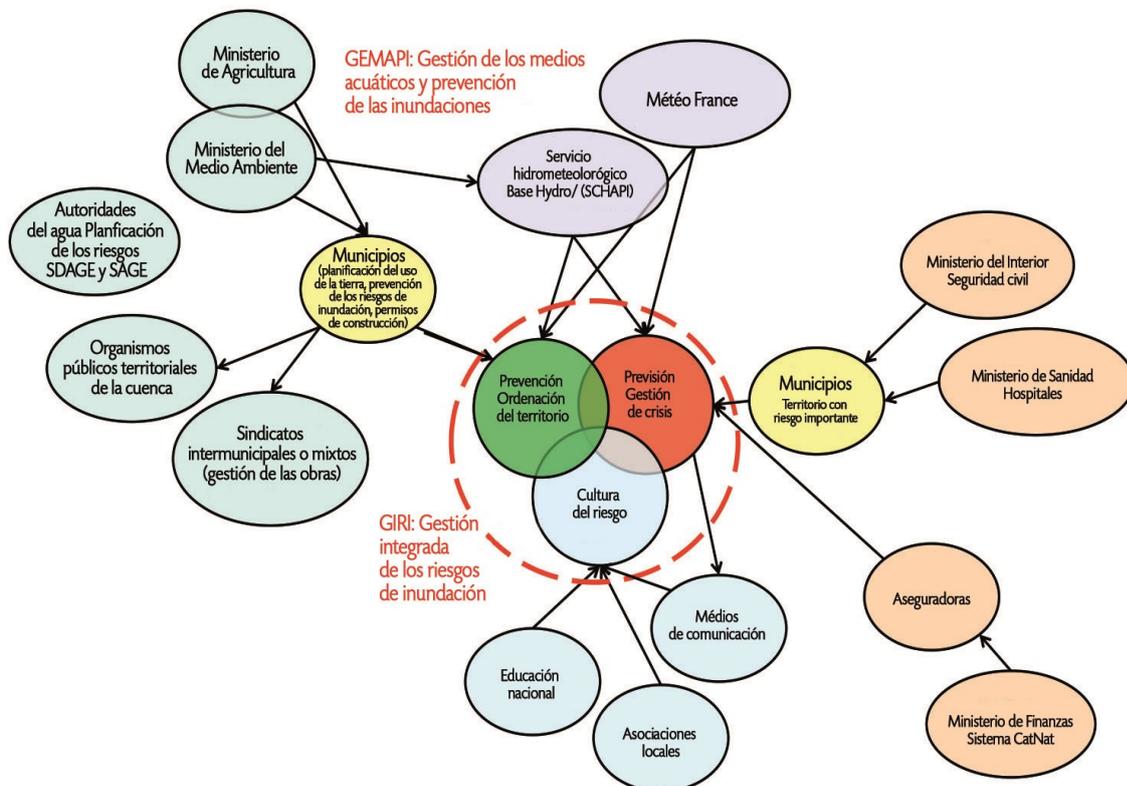
#### 2.1.1. La gestión integrada de los riesgos de inundación

El concepto de gestión integrada de los riesgos de inundación (GIRI) se ha definido para tener en cuenta sus tres componentes (prevención, previsión, cultura) y recordar que son complementarios entre sí.

No obstante, si bien el concepto es muy útil para analizar los problemas, no es seguro que sea muy operacional, ya que cada uno de estos componentes requiere conocimientos técnicos diferentes y debe ser gestionado por diferentes tipos de instituciones. Dos ejemplos ilustran este punto. Los modelos hidrológicos de naturaleza estadística, necesarios para la prevención de los riesgos de inundación, tienen poco en común con los modelos hidrológicos deterministas, necesarios para los sistemas de alerta de inundaciones. En ambos casos se trata de hidrología, pero los expertos de un ámbito no son forzosamente expertos en el otro. El segundo ejemplo concierne a las instituciones: los servicios encargados de la seguridad civil, esenciales para una gestión de crisis eficaz, no se encargan de la ordenación del territorio, cuya planificación es esencial para una buena prevención de los riesgos.

**Esquema 4. La multiplicidad de los actores institucionales que intervienen en una política de gestión integrada de los riesgos de inundación**

Fuente: el autor. Creación original.



Este esquema retoma los diferentes componentes de la gestión de los riesgos de inundación examinados en el capítulo anterior, identificando las diferentes instituciones concernidas en un territorio, para poner de manifiesto la complejidad del sistema y los diálogos intersectoriales necesarios a la hora de valorar un proyecto sobre esta temática..

### **2.1.2. Delimitar el proyecto**

Un proyecto es gestionable y eficaz si está delimitado espacialmente y en cuanto al número de instituciones implicadas. La elección de estos límites está condicionada por limitaciones, algunas relativamente objetivas (los límites territoriales de una cuenca hidrográfica no son negociables, tampoco los límites geográficos de la zona inundable correspondiente a la amenaza máxima o la más rara), y otras discutibles, por lo tanto negociables, como los recursos financieros asignados al proyecto, así como el número de instituciones que se vayan a reunir en torno a la mesa de dirección del proyecto. La eficacia de los proyectos depende principalmente de la elección de un número limitado de actores, con roles bien definidos..

En materia de prevención, las colectividades locales deben estar movilizadas (siempre son numerosas en una cuenca hidrográfica en cuanto ésta supera unas decenas de kilómetros cuadrados). Sus diferentes representantes deben plantear sus preocupaciones (urbanistas, expertos en medio ambiente, representantes de los diversos intereses económicos, de la gestión de los recursos hídricos, etc.). A ellos hay que añadir las autoridades nacionales encargadas de las políticas de prevención de riesgos y de otros intereses relacionados con el agua (riego, medio ambiente, energía, etc.).

En materia de previsión y de gestión de crisis, conviene asociar a estos diferentes actores el servicio responsable de la seguridad civil, los servicios meteorológicos o hidrológicos encargados de la observación de los fenómenos en tiempo real, los servicios sanitarios, de atención a las víctimas..

En materia de cultura del riesgo, convendría movilizar a los servicios educativos, capaces de difundir una cultura del riesgo, a los medios de comunicación, en condiciones de difundir las informaciones, y también a las aseguradoras para la indemnización de las víctimas.

---

## **2.2. Prevenir o prever, ¡hay que elegir!**

---

Cada situación particular requiere una elección de objetivos prioritarios, especialmente entre una intervención de «prevención» (teniendo en cuenta el conjunto de posibilidades) y una intervención de «previsión», dirigida hacia la gestión de crisis posibles (con el foco en un evento específico, único).

Los actores a movilizar y los métodos a emplear diferirán según los objetivos elegidos. En hidrología, en particular, describir estadísticamente un régimen hidrológico de crecida tiene poco que ver con la modelización de una relación lluvia-caudal en un episodio hidrometeorológico concreto que permita pronosticar la crecida que se avecina. Por otra parte, el trabajar simultáneamente en la prevención y en la previsión no aumenta la eficacia de ninguna de las dos, y puede tener el efecto contrario: una vez que se establecen sistemas de alerta de inundaciones, ya no es necesario controlar la vulnerabilidad o, al contrario, con un dique de protección, no hace falta desarrollar un sistema de alerta de inundaciones eficiente.

El principal desafío del establecimiento de una gestión de crisis eficaz radica en la financiación básica de una institución que se supone que sólo intervendrá en caso de crisis y, con suerte, raramente; la fase de inversión inicial es ciertamente un poco cara, pero no desproporcionada. En un contexto de bajos presupuestos de funcionamiento de los Estados concernidos, estas instituciones «durmientes» son aún más difíciles de mantener, al ser su actividad irregular. Esto también justifica que estas instituciones no estén especializadas únicamente en el riesgo de inundación, sino que se hayan creado para dar respuesta a cualquier tipo de riesgo presente en el territorio concernido.

A la inversa, para establecer una prevención eficaz hacen falta inversiones, sobre todo en infraestructuras, que pueden ser muy cuantiosas. No obstante, si estas infraestructuras están bien concebidas, no deberían generar costes de funcionamiento demasiado elevados. A cambio, estas inversiones permitirían acompañar un desarrollo razonado de un territorio, que generaría actividad económica y aumentaría los recursos financieros. Estos recursos contribuirían a garantizar el mantenimiento de las infraestructuras.

Razonablemente, por las características de las herramientas de financiación disponibles, para un organismo financiador como la AFD, el objetivo de la prevención parece el más apropiado. Pero eso no significa en absoluto que la gestión de crisis sea algo inútil, o que no deba financiarse con otros recursos.

---

### **2.3. Adaptarse al contexto específico de cada proyecto**

---

El marco general presentado anteriormente permite analizar una situación particular de una forma estructurada, aún más porque la solicitud de ayuda al organismo financiador suele ser el resultado de una crisis reciente vivida a nivel local y, forzosamente, específica del evento hidrológico concreto que la haya provocado. La primera trampa a evitar sería hacer que este evento fuera considerado como la inundación «estándar» contra la que habría que protegerse, mientras que quizás haya sido algo excepcional. Eso no sería razonable ni factible, sin duda. Por otro lado, si el evento fuera frecuente, eso sólo demostraría que la ocupación de ese espacio es irrazonable, ya que llevaría a un riesgo inaceptable (lo que puede ser el caso, en particular, de los asentamientos informales y de los barrios precarios en zonas no urbanizables en los que nadie debería vivir). La solución entonces no sería de naturaleza hidráulica, sino de desplazar esos barrios (o reducir su vulnerabilidad mediante cambios en las normas de construcción, como los pilotis).

El análisis también debe permitir determinar cuál es la mejor estrategia en términos de prevención o de previsión, identificar a los actores implicados, contextualizar la problemática de la gestión de los riesgos en la problemática más general de la gestión integrada de los recursos hídricos, con el fin de identificar los posibles impactos y tenerlos en cuenta en la reflexión.

Este análisis minucioso de los conceptos anteriormente citados debe posibilitar el «esclarecimiento» del problema específico planteado y luego ajustar los términos de referencia de un estudio de factibilidad, teniendo en cuenta las limitaciones locales específicas. Los siguientes párrafos, más detallados, intentarán orientar la reflexión previa a la definición de los términos de referencia de un estudio de factibilidad de proyecto apropiado.

### **2.3.1. Esclarecer el componente «amenaza»**

Esta parte del análisis debe permitir plantear diferentes cuestiones resumidas aquí :

- ¿Se trata de una inundación pluvial o fluvial?
  - Lo que permite luego determinar, en el primer caso, los límites de la zona de estudio que correspondan a la zona urbana estricta o, en el segundo, la cuenca hidrográfica en su conjunto.
- Relativizar los eventos recientes intentando reconstruir el historial de los desastres documentados y situándolos en el contexto más general del régimen de lluvias o de crecidas.
  - Lo que permite elegir entre un proyecto de prevención o de previsión de crecida,
  - y determinar si el esfuerzo principal del estudio se debe centrar en la amenaza o en la vulnerabilidad.
- Identificar las fuentes de datos hidrometeorológicos disponibles.
  - Permitirán definir el grado de precisión a obtener del análisis de la amenaza.

Cabe señalar aquí que la amenaza está afectada por el impacto del cambio climático. La capacidad de predecir esto depende de la existencia de datos que hagan posible calibrar eventuales modelos predictivos. La ausencia de datos (series pluviométricas o hidrométricas a largo plazo) reduce en gran medida la capacidad de analizar el impacto del cambio climático, lo que lleva a la imprecisión de las referencias utilizadas para el dimensionamiento de las obras hidráulicas.

### **2.3.2. Analizar el componente «vulnerabilidad»**

Por su naturaleza socioeconómica, este componente es el más complejo de abordar. Muy a menudo se omite en el análisis inicial. Si se describe de forma más efectiva, podemos obtener un conocimiento mejor y una solución más equilibrada.

El objetivo de este primer análisis es poner de manifiesto la diversidad de la vulnerabilidad en el territorio concernido, pero también ampliar este territorio para integrar territorios adyacentes, lo que aportará una mayor diversidad y, por lo tanto, mayores elementos para encontrar soluciones. También debe permitir ir más allá de los límites administrativos cuando la búsqueda de una solución apropiada requiera precisamente esa ampliación. Por último, debería ofrecer la oportunidad de comprender mejor la complejidad institucional, con el fin de mejorar la eficacia del proyecto.

**Fotografía 5. Primer análisis de la diversidad de la vulnerabilidad según las zonas**  
Crédito de la fotografía: O. Gilard - Tailandia - cerca de Bangkok - mayo de 2013.



Los términos de referencia del estudio de factibilidad deben definir luego la escala a la que deba estudiarse la distribución espacial de esta vulnerabilidad, para que sea coherente con la precisión de la descripción de la amenaza, que a su vez depende de la calidad de los datos hidrometeorológicos disponibles. A la inversa, es ineficaz hacer un estudio demasiado detallado (prácticamente al centímetro) de la amenaza sin describir con el mismo detalle la distribución espacial de la vulnerabilidad.

Por último, al igual que en el caso del análisis histórico de la amenaza, hay que entender la dinámica de la evolución de la vulnerabilidad. Esto nos permite explicar mejor el razonamiento sobre la amenaza y la vulnerabilidad en la situación de riesgo constatada cuando nos lo pregunten y para tener en cuenta, y quizás influenciar, cualquier evolución previsible.

### **2.3.3. Sintetizar el riesgo y esbozar soluciones**

Esta es una etapa indispensable para poder entablar un diálogo con las partes interesadas del proyecto, teniendo en cuenta los dos componentes de la amenaza y la vulnerabilidad. Esta síntesis tiene varios objetivos:

- presentar el nivel de protección alcanzado en el amplio abanico de parcelas de territorio;
- ilustrar las instancias de cooperación entre diferentes secciones a lo largo de la misma corriente de agua;
- recordar el nivel de riesgo residual que siga existiendo en el conjunto del lecho mayor considerado;

- permitir la comparación de diferentes escenarios de acondicionamiento, tanto desde el punto de vista de la amenaza (infraestructuras hidráulicas) como de la vulnerabilidad (nivel de protección negociado, evolución del uso de los suelos, normas de construcción).

Este último punto debería permitir poner de manifiesto el impacto de los diferentes escenarios de acondicionamiento propuestos y servir de base para la negociación entre las diferentes partes de los territorios concernidos..

Esta síntesis debería ir más allá de la noción de «inundación estándar» para tener en cuenta todo el régimen hidrológico de la corriente de agua e introducir la necesidad de recurrir a otras categorías de medidas de tipo sistema de alerta de inundaciones y de gestión de crisis para tener en cuenta el riesgo residual aceptado.

Por último, la búsqueda de soluciones debe trabajar tanto sobre la amenaza (a través de los acondicionamientos hidráulicos) como sobre la vulnerabilidad, tanto en las zonas urbanas como en las rurales. En las zonas urbanas, se puede actuar a través de la planificación y de la reglamentación urbana; en las zonas rurales, se puede actuar a través de la utilización de las tierras y de la difusión de sistemas de cultivo menos vulnerables, acompañados de una tensión hidráulica mantenida.

En el ámbito de la agricultura, los sistemas agroecológicos, como la agricultura de conservación que permite mantener la cobertura del suelo durante todo el año, hacen que las parcelas sean más resilientes a las posibles inundaciones. Estos sistemas permiten reducir considerablemente la erosión en comparación con las parcelas aradas. Además, al favorecer las infiltraciones, el mantenimiento de su carácter parcialmente inundable puede tener efectos beneficiosos en la recarga de las capas freáticas y, por lo tanto, en los recursos hídricos.

#### **2.3.4. Elementos de costes y de ahorros del proyecto**

IPor último, en esta fase de factibilidad del proyecto se deben introducir los elementos de coste correspondientes a los diferentes escenarios considerados. De hecho, el realismo de un proyecto siempre depende de las limitaciones financieras de su realización, y no tiene sentido plantear un escenario de protección maximalista con un coste prohibitivo e inalcanzable. Al final, suele ser esta limitación la que va a permitir arbitrar entre las diferentes opciones de acondicionamiento posibles. En la medida de lo posible, este análisis de costes debería tener en cuenta los costes de las inversiones iniciales y los costes recurrentes que estén relacionados con la solución elegida, integrando las eventuales compensaciones que puedan negociarse entre las diferentes partes del territorio (por ejemplo, mecanismo de indemnización o de seguro). De este análisis también depende la identificación de los diferentes recursos financieros a movilizar y las instituciones responsables de los mismos, lo que permite medir bien los mecanismos a poner en marcha.

El análisis económico que suele acompañar la estimación de los costes de los acondicionamientos es especialmente delicado en el caso de los riesgos de inundación. Los métodos existentes todavía no son muy eficaces a la hora de tener en cuenta la naturaleza aleatoria y probabilística de la amenaza que origina las inundaciones. La percepción de la eficiencia económica de un acondicionamiento será diferente si se produce una crecida muy excepcional al año siguiente de su establecimiento, o si tarda diez o veinte años en suceder.

En el primer caso, la opinión general será que el acondicionamiento lo concibieron mal y que resulta ser ineficaz. En el segundo caso, es posible que se haya olvidado la limitación residual y que se haya dejado que la vulnerabilidad se desarrolle al amparo de un sistema de protección considerado como eficaz, lo que haya provocado un coste de los daños mucho mayor al coste estimado inicialmente. El resultado es una espiral del acondicionamiento: una amenaza menor aumenta la vulnerabilidad, hasta la próxima crisis, que justifica invertir más en la reducción de la amenaza, lo que a su vez lleva a una mayor vulnerabilidad... Detener esta espiral es muy difícil y requiere una voluntad política apoyada en conocimientos técnicos previsoires, con una comprensión equilibrada de la amenaza y de la vulnerabilidad.

---

#### **2.4. Inundación fluvial e inundación pluvial**

---

Lo que se ha visto anteriormente está basado en la asunción de que estamos intentando prevenir el riesgo de inundación fluvial provocado por un río que se desborda y que atraviesa áreas utilizadas de varias maneras: zonas naturales y agrícolas que se alternan con zonas urbanas o industriales. Esta diversidad ofrece márgenes de maniobra y de negociación interterritoriales, que puede llevar a acondicionamientos diferenciados por zonas.

En el caso de las inundaciones pluviales, en las zonas urbanas, la diferencia es que la misma parcela calificada como con una cierta vulnerabilidad genera una escorrentía que a su vez puede causar inundación. Por lo tanto, la deconvolución entre amenaza y vulnerabilidad para calificar un riesgo es más complicada. No obstante, los conceptos presentados siguen siendo aplicables al medio urbano, que también presenta una gran diversidad de vulnerabilidades: se puede comprender fácilmente que la red de carriles de circulación no sea tan vulnerable como los edificios adyacentes, las zonas verdes y las zonas deportivas; que las construcciones tienen diferente sensibilidad a los riesgos hidráulicos, según sean de una sola planta o de dos plantas. Las instalaciones profesionales (oficinas) no tienen la misma vulnerabilidad que las viviendas. Por último, la sociología de los barrios implica una percepción diferente del riesgo de inundación (siempre que el riesgo humano se haya gestionado correctamente con medidas apropiadas de gestión de crisis). Dentro de una zona urbana podremos analizar el riesgo de inundaciones por escorrentía aplicando los mismos conceptos y pensando también en términos de amenaza y de vulnerabilidad. Del mismo modo que se acepta el principio de la imposibilidad de evitar el desbordamiento de las crecidas más excepcionales de una corriente de agua, podemos afirmar que las redes de drenaje no pueden absorber las lluvias más excepcionales (sobre todo en una zona climática de alta pluviosidad, como las zonas intertropicales o las zonas mediterráneas), y que, por lo tanto, conviene identificar el «lecho mayor» de las redes de drenaje, aún más porque están enterradas, lo que contribuye a que la población las olvide. Esto ha llevado a algunos urbanistas y arquitectos a desarrollar el concepto de ciudades sin redes, con el objetivo de gestionar las escorrentías urbanas sólo en la superficie.

Cabe señalar aquí que la protección de una zona urbana contra el riesgo de inundación fluvial lleva siempre al aislamiento hidráulico de la ciudad con respecto a su eje de drenaje natural y, en consecuencia, a una gestión más difícil de las inundaciones pluviales. Si usted construye un dique que le aísla del río, las lluvias que caigan en el lado urbanizado del dique ya no encuentran tan fácilmente su camino hacia el río, lo que generalmente permite su evacuación. Se trata de un impacto negativo de los acondicionamientos hidráulicos que hay que tener en cuenta –incluso si, generalmente y debido a la diferencia en la escala

territorial a la que hay que tratar los problemas, se suele recomendar tratar estos dos «riesgos» con proyectos independientes, uno sobre el riesgo fluvial (a escala de la cuenca hidrográfica) y otro sobre el riesgo pluvial (a escala urbana).

Por último, y para poner el problema en perspectiva, recordemos que si pudiéramos almacenar 100 mm de agua durante algunas horas en todo el territorio urbano (tejados, vías urbanas...), resolveríamos el problema de las inundaciones pluviales en las regiones templadas, y que, con 300 mm, también resolveríamos el problema en las zonas mediterráneas y tropicales.

### **3. Interacciones con otras políticas y consideración de los impactos**

El agua es un «Jano»: en una cara, el recurso esencial que representa, en la otra, el factor de riesgo que conlleva. Tiene numerosas utilidades como recurso: agua potable, industrial, agrícola, medioambiental, etc. El concepto de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) fue concebido para tener en cuenta estas múltiples interacciones y la gestión de los riesgos de inundación se debe integrar en esta reflexión. Esto es especialmente cierto en el caso del componente de prevención de los riesgos de inundación.

El agua está vinculada a los fenómenos meteorológicos y, por lo tanto, al clima. Las interacciones entre la prevención de los riesgos de inundación y el cambio climático también se deben analizar a través del prisma de las políticas climáticas, en particular, en lo referente a los componentes de dichas políticas que busquen la adaptación al cambio climático.

El agua es un componente esencial del medio ambiente y un factor limitante por la biodiversidad que sustenta. Esta interrelación se debe tener en cuenta, y más aún hoy, cuando se habla tanto de las amenazas a la biodiversidad.

---

#### **3.1. Riesgo y recurso**

---

El reflejo habitual en caso de inundación es deshacerse del agua de inundación lo antes posible acelerando los flujos. Por desgracia, los acondicionamientos que lo permiten (recalibrado, diques lineales, revestimiento de las orillas), por lo general, no sólo son específicos de los periodos de crecida y tienen un impacto en todo el régimen hidrológico. Ahora bien, en una primera aproximación, debido a la dinámica de los intercambios entre la red hidrográfica y las capas freáticas (que constituyen una parte importante del recurso), el volumen del recurso es proporcional a la duración de los intercambios. Si hay una aceleración generalizada de los flujos, se produce una disminución de los recursos hídricos. Además, los procesos de autodepuración que se producen en el medio natural también dependen de una dinámica lenta, y son menos eficaces si el agua pasa menos tiempo en el medio ambiente. Estos sistemas aceleradores tendrán un efecto negativo en la calidad del agua.

Con este espíritu se concibió el concepto de ralentización dinámica. Pretende invertir el reflejo general de acelerar los flujos, y el término dinámico se refiere a una duración limitada, por oposición al almacenamiento en los embalses de presas (donde el agua está estática). Al beneficiarse de los efectos de laminación o de reducción de los picos de crecida relacionados con el almacenamiento en terrenos con menos vulnerabilidad, se refuerza la prevención de las inundaciones mejorando a la vez el recurso hídrico y su calidad, gracias al aumento del tiempo de intercambio en el medio ambiente. Esta estrategia es aún más eficaz cuando se trata de crecidas intensas pero limitadas en volumen.

**Fotografía 6. Ejemplo de ralentización dinámica «espontánea» en un paisaje agrícola de la provincia de Xieng Khouang (Laos)**

Crédito de la fotografía: Olivier Gilard – Laos – mayo de 2013.



Las tierras agrícolas son particularmente útiles para articular esta estrategia, especialmente con sistemas de cultivo adaptados (como la agricultura de conservación), que toleran mejor las inundaciones. La cobertura vegetal permanente del suelo que implica reduce los efectos negativos de la inundación al limitar el potencial erosivo y al aumentar la permeabilidad de los suelos (y, por consiguiente, la recarga de las capas freáticas).

---

### **3.2. Riesgo y clima**

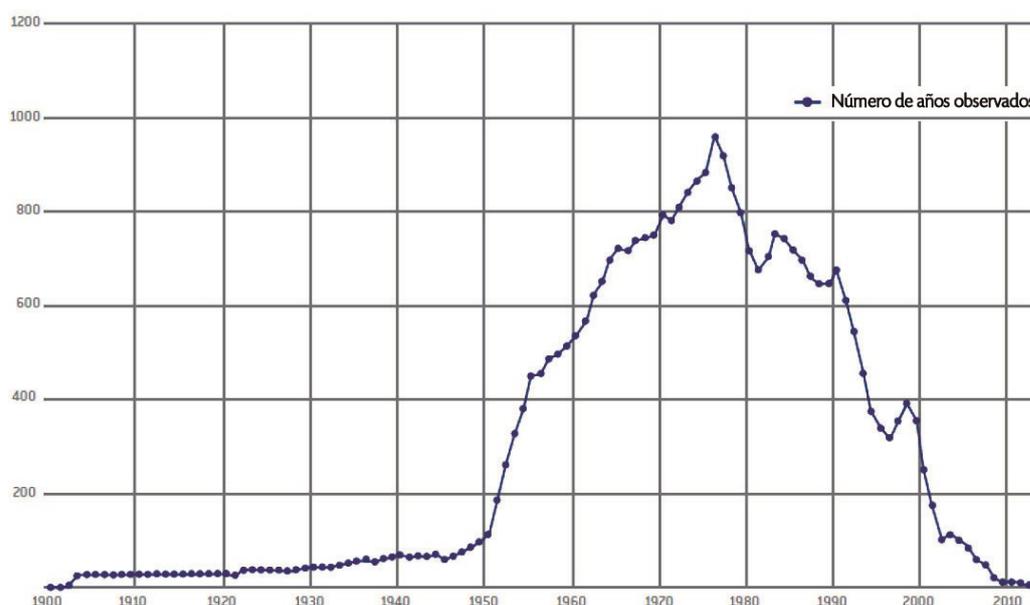
---

Las variables hidrometeorológicas que originan la amenaza de inundación están intrínsecamente relacionadas con las variables climáticas y, por lo tanto, están potencialmente influenciadas por el cambio climático causado por el aumento de la temperatura debido al aumento de los gases de efecto invernadero. No obstante, los modelos de los que se dispone hoy en día aún no permiten cuantificar con precisión las incidencias locales de estos cambios globales. A menudo faltan datos de observación hidrológicos para calibrar correctamente los modelos utilizados. Esto es especialmente cierto en el caso de las crecidas excepcionales que, en cualquier caso, son difíciles de medir con precisión. Los diferentes estudios sobre el tema arrojan resultados a menudo contradictorios y no tendencias inequívocas.

Esta constatación debería incitar a los actores concernidos a redoblar sus esfuerzos en materia de redes de observación y de mediciones hidrometeorológicas, para poder anticipar mejor en el futuro los impactos potenciales de estos cambios. Por desgracia, ese trabajo es insuficiente en numerosas regiones del mundo, porque sólo se pueden identificar tendencias estadísticas fiables mediante la recogida y la compilación de datos sobre periodos lo suficientemente largos.

**Gráfico 6. Número de años observados entre 1900 y 2010 en África**

Fuente: datos extraídos del Partenariat français pour l'eau (PFE), 2016, Conocer mejor para gestionar mejor –agua, clima y desarrollo <https://www.partenariat-francais-eau.fr/production/mieux-connaître-pour-mieux-gérer-novembre-2016/>

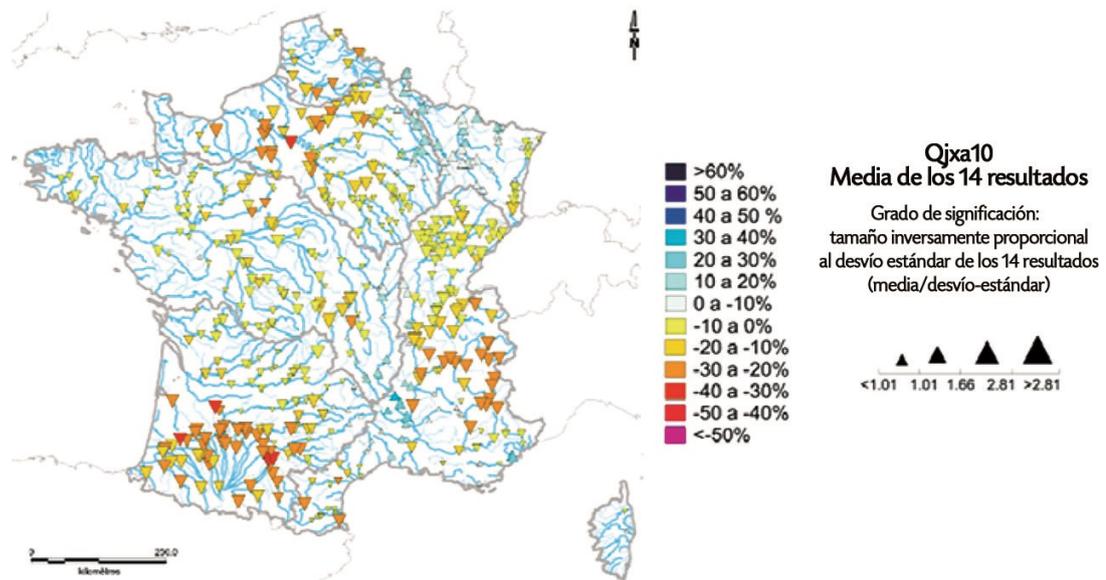


Todos los esfuerzos realizados actualmente para prevenir mejor las inundaciones ya existentes y para controlar mejor la vulnerabilidad del uso de los suelos contribuirán a la adaptación de estos territorios a los efectos del cambio climático. Incluso si el nivel de protección alcanzado se redujera como resultado de este cambio (la inundación del siglo podría convertirse en la inundación del medio siglo), una estrategia eficaz de reducción de la amenaza, junto con el control de la vulnerabilidad, también sería positiva para el régimen hidrológico futuro. Salvo algunas excepciones muy locales, en las que se podría contemplar el traslado de poblaciones asentadas, la presión demográfica y la creciente tendencia a la urbanización hacen poco creíble el abandono de territorios sometidos a riesgos de inundación (que además presenta otras ventajas en términos de urbanización, como las numerosas ciudades construidas en la ribera de los ríos). Cuanto antes se integre la búsqueda del control de la vulnerabilidad a través de normas de construcción y de reglamentos de uso de los suelos adaptados, y se combine con un buen conocimiento de los diferentes niveles de amenaza posibles, menos dramáticos serán los impactos futuros del cambio climático y más soportables económicamente.

Tales medidas contribuyen eficazmente a una política general de adaptación al cambio climático.

## Mapa 2. Influencia del cambio climático en las crecidas de las cuencas hidrográficas francesas

Fuente: extraído de la nota de síntesis del proyecto Explore 2070, dirigido por el Ministerio francés de ecología y desarrollo sostenible. [http://www.gesteau.fr/sites/default/files/gesteau/content\\_files/document/explore2070-hydrologie-surface.pdf](http://www.gesteau.fr/sites/default/files/gesteau/content_files/document/explore2070-hydrologie-surface.pdf)



### 3.3. Riesgo y biodiversidad

Las infraestructuras de protección contra las inundaciones suelen tener el efecto de artificializar el medio natural y, en particular, el lecho menor de la corriente de agua: es el caso, en particular, de los recalibrados. También ese es el caso de los encauzamientos que desconectan hidráulicamente al río de su lecho mayor. El efecto de estos acondicionamientos es la modificación significativa del hábitat de las especies vegetales y animales vinculadas a este medio acuático, lo que provoca una disminución de la biodiversidad.

El concepto de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN), promovido por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), se desarrolló para combatir estos efectos devastadores y para poner a la biodiversidad en el primer plano del debate. Aplicado a la prevención de los riesgos de inundación, se articula esencialmente a través del mantenimiento o de la restauración de los humedales que contribuyen a la reducción de los picos de crecida por un efecto de laminación y de almacenamiento temporal de volúmenes de agua de inundación. Pero también se puede utilizar para concebir los recalibrados de las corrientes de agua manteniendo un lecho menor en el tramo recalibrado: si el lecho menor es estable en un sentido geomorfológico, reducirá las necesidades de mantenimiento, que con cada operación tienen el efecto de destruir de nuevo el sustrato y los equilibrios biológicos existentes. Esto preservaría los ecosistemas naturales que se desarrollaran allí.

El enfoque de las SBN puede complementarse con técnicas de ingeniería ecológica que utilicen plantas para estabilizar los acondicionamientos propuestos: las raíces pueden contribuir a ello, hay que preferirlas a las técnicas de escollera o de hormigonización, como para las corrientes de agua naturales. Aunque no conservan la biodiversidad del estado natural, permiten una biodiversidad modificada pero más rica que en un entorno artificial. Es un compromiso entre las necesidades de acondicionamiento necesarias para mejorar la prevención de los riesgos de inundación y el mantenimiento de una cierta biodiversidad del medio acuático.

#### **Recuadro 5. De una gestión «dura» a una gestión «blanda»**

Se pueden citar numerosos ejemplos en los que, tras años de ingeniería «dura» y de artificialización del medio ambiente con una política de encauzamiento y de hormigonización, se ha vuelto a una gestión más «suave» y más respetuosa con los funcionamientos geomorfológicos naturales, tanto para reducir los costes de mantenimiento como para mejorar la eficacia de los acondicionamientos sobre las diferentes funciones de las corrientes de agua.

Una serie de películas realizadas para la Association Rivière Rhône Alpes Auvergne (ARRA) por el Institut des Risques Majeurs de Grenoble (IRMA Grenoble) ilustra muy bien este cambio de política para respetar mejor las redes verdes y azules necesarias para una mejor funcionalidad medioambiental.

## 4. Algunos ejemplos concretos

### 4.1. Algunos ejemplos de la experiencia francesa

#### 4.1.1. El aeropuerto de Niza-Costa Azul, o cómo olvidar el riesgo aceptado

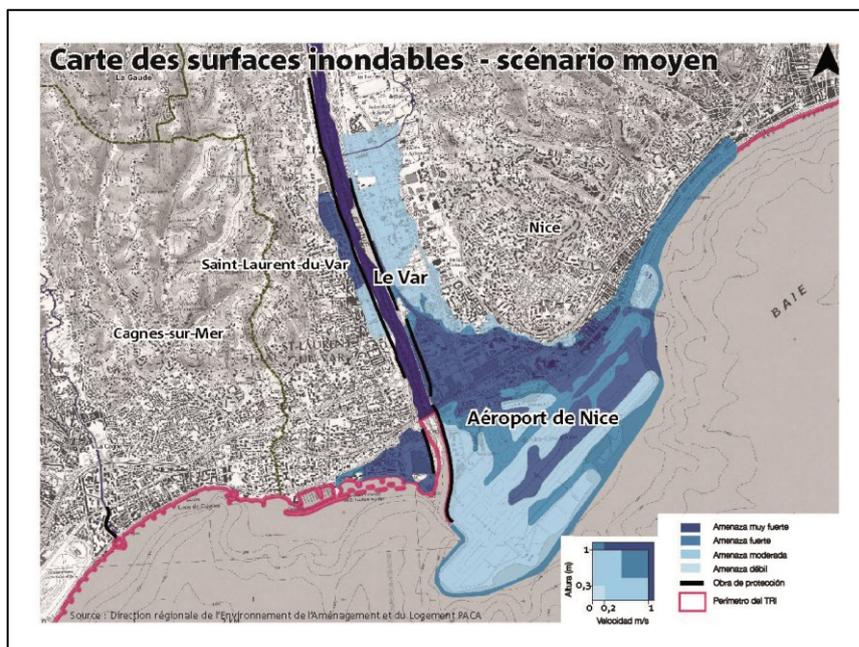
Para quienes conocen la región de los Alpes-Costa Azul, es fácil comprender que su topografía es poco favorable para la instalación de un aeropuerto. Los únicos terrenos planos disponibles están situados al borde del mar y del cono aluvial del Var, un pequeño río costero con un comportamiento torrencial. Allí se estableció el aeropuerto en 1910 y se amplió entre 1970 y 1983, como lo recuerda la historia de la empresa (<https://societe.nice.aeroport.fr/Le-groupe/LA-SOCIETE/Historique>).

Esto hace que esté naturalmente sujeto a la amenaza de inundación durante las crecidas más excepcionales del Var. Está protegido por diques para los eventos por debajo de la «inundación estándar». El territorio está calificado como con riesgos de inundación y los mapas de la amenaza son conocidos y públicos. Durante la ampliación del aeropuerto, esto se olvidó un poco y todo el equipamiento informático del aeropuerto se instaló en el subsuelo. Durante la crecida excepcional de 1994, el aeropuerto se inundó y su reapertura se retrasó en la misma medida, como se puede ver en las imágenes de archivo disponibles en la página web <https://www.ina.fr/video/CAB94101660>.

La consideración del riesgo residual podría haber permitido proteger mejor el centro neurálgico del aeropuerto colocando el equipamiento informático en una planta más alta en vez de en el subsuelo.

#### Mapa 3. Extraído de los mapas de amenaza del territorio con un riesgo importante de inundación (TRI)

Fuente: Cartografía de riesgo del Territorio con Riesgos de Inundación (TRI) de Cannes-Niza-Mandelieu - El Var aguas abajo, disponible en: <https://rhone-mediterranee.eaufrance.fr/cartographie-des-risques-dinondations-du-tri-de-nicecannesmandelieu>.



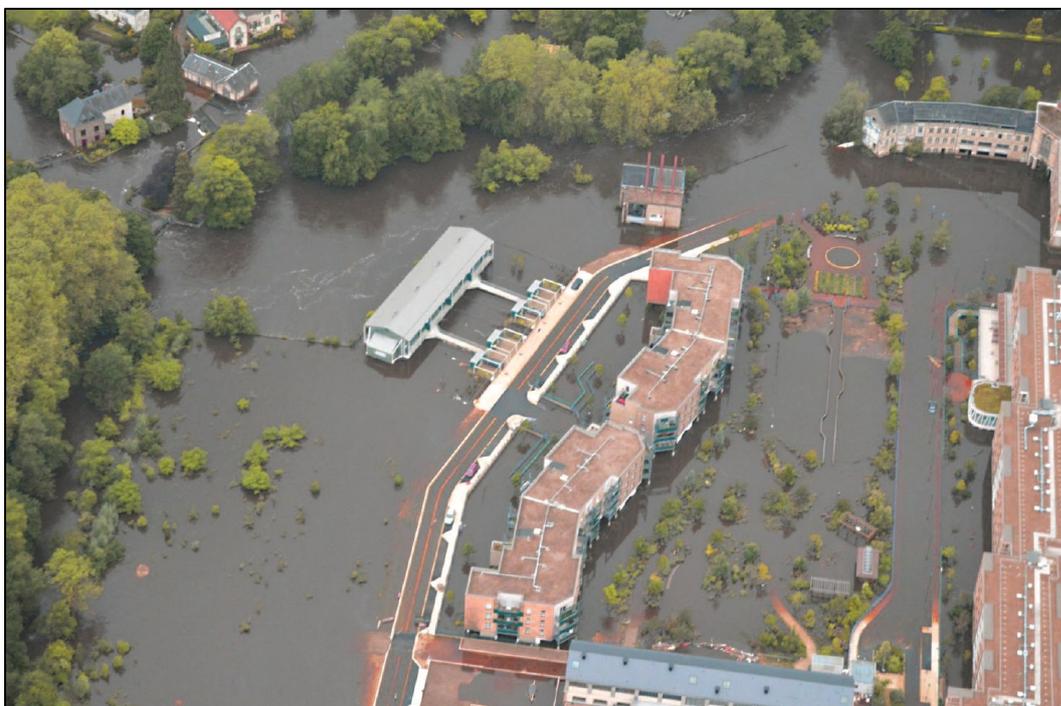
#### 4.1.2. La crecida del Sena de 2018 o cómo gestionar localmente la vulnerabilidad

La ciudad de París está desarrollada extensamente en una zona inundable bien conocida. En 1911 se produjo la última gran crecida histórica, que quedó bien documentada por los historiadores. A lo largo del siglo XX se realizaron importantes acondicionamientos para prevenir este riesgo, en particular, presas, que tienen la doble función de retención de las crecidas y de almacenamiento de los recursos hídricos necesarios para los habitantes y las actividades económicas de la región, así como la gestión de las zonas inundables situadas a lo largo del río, aguas arriba de la zona urbana (la zona de la Bassée (véase <http://www.seinegrandslacs.fr/la-vallee-de-la-bassee>, praderas inundables del Oise). Estos acondicionamientos, además de su función hidráulica, mantienen espacios naturales protegidos y ofrecen otros servicios útiles a la región concernida, contribuyendo a la depuración de las aguas y ofreciendo zonas de recreo para una población urbana que necesita espacios verdes.

En 2018, las abundantes precipitaciones provocaron una gran inundación en la cuenca del Sena. Puso de relieve la pertinencia del ordenamiento urbano de la ciudad de Romorantin, aguas arriba de París, con su barrio tolerante a las inundaciones (véase la foto 6). Aunque el barrio se inundó, gracias a la consideración de esta amenaza en la concepción arquitectónica y urbanística del barrio, los daños fueron muy reducidos, así como el periodo de trastorno, limitado a unos pocos días. Por otra parte, las zonas inundadas que se utilizan como espacios verdes en épocas normales conservan su utilidad urbana al preservarlas de la presión urbanística.

**Fotografía 7. Barrio Lavoir, en Romorantin, concebido para reducir la vulnerabilidad a las inundaciones**

Crédito de la fotografía: Aeroclub «les col verts».



Otro ejemplo de control de la vulnerabilidad, a un nivel aún más local, es la barrera amovible desplegada por la AFD para proteger su edificio. Sin embargo, para poderla desplegar tiene que haber una alerta de inundaciones y tiempo suficiente para aplicar una solución «activa» de este tipo, a diferencia de la solución «pasiva» aplicada en Romorantin.

**Fotografía 8. Barrera móvil alrededor de la sede de la AFD en 2018**  
Crédito de la fotografía: Olivier Gilard.



#### **4.1.3. La inundación de Vaison-la-Romaine de 1992 o la diversidad de las vulnerabilidades**

Cette Esta súbita crecida gigantesca de una pequeña cuenca hidrográfica de unos cientos de kilómetros cuadrados, el 22 de septiembre de 1992, fue muy comentada por el número de muertos (unos cuarenta en total). Los análisis retrospectivos revelaron que, sin ser única (las crónicas históricas relataban un evento equivalente en 1616), la frecuencia en términos de pico y de volumen era excepcional: un periodo de retorno de 4 a 600 años en términos de pico y de alrededor de 100 años en términos de volumen. (véase, [https://fr.wikipedia.org/wiki/Inondation\\_de\\_Vaison-la-Romaine](https://fr.wikipedia.org/wiki/Inondation_de_Vaison-la-Romaine) en septiembre de 1992).

También hay que señalar que, a pesar de una movilización intensa de competencia técnica, la estimación del caudal máximo de la crecida de este evento se mantuvo entre 800 y 1200m<sup>3</sup>/s sin que se pudiera reducir su amplitud. Esto ilustra la dificultad de «medir» estos eventos excepcionales.

Los fallecimientos se produjeron en dos sitios principales: el camping situado aguas arriba del puente romano y la urbanización situada aguas abajo. El camping estaba instalado en el lecho mayor del Ouvèze, por el frescor del lugar y su ocupación temporal. El 22 de septiembre de 1992, cuando se hizo evidente la gravedad de la situación, el camping ya se había convertido rápidamente en una isla sin evacuación posible: la gente quedó atrapada y fue arrastrada con sus caravanas de forma terrible.

La urbanización también estaba situada en el lecho mayor del Ouvèze. Se dice que, durante las pequeñas crecidas, el agua ya había afectado a las casas y que la calidad de la construcción no era buena. Así, cuando el agua subió varias decenas de centímetros (más de un metro, con alta velocidad, empeorado por las casas, que actuaron como obstáculos al flujo), las construcciones no resistieron. Posteriormente, la zona fue declarada como no edificable.

Aplicando la tabla de análisis, la vulnerabilidad de los dos sitios es diferente: un camping se puede evacuar rápidamente y los daños son sólo materiales y limitados. Una urbanización, debido a su ocupación permanente, incluso por personas con poca movilidad en algunos casos, representa un capital fijo mucho mayor, y tendría que estar construida para resistir a estos eventos. El camping podría volver al mismo lugar, con un plan de evacuación *ad hoc* y un sistema de alerta de inundaciones. Pero haber declarado la zona de la urbanización como zona no edificable, imposible de proteger de forma eficaz, fue una decisión informada.

En la actualidad, ambos sitios se han convertido en aparcamientos, como muestran las imágenes de satélite de la ciudad.

---

## 4.2. Algunos ejemplos de otros lugares del mundo

---

### 4.2.1. La llanura de Antananarivo en Madagascar y las similitudes con Grenoble

La ciudad de Antananarivo, capital de Madagascar, se ha desarrollado tradicionalmente sobre las colinas que bordean la llanura inundable del río Ikopa. Esta llanura, tradicionalmente dedicada a la agricultura (especialmente a la producción de arroz), ha sido protegida de las inundaciones a lo largo de los años con una red de diques. Al haber disminuido así la amenaza, y con la ciudad que necesitaba desarrollarse, la llanura se fue urbanizando poco a poco con grandes terraplenes. Expuesta a un clima tropical y afectada con regularidad por ciclones procedentes del Océano Índico con fuertes aguaceros, la escorrentía urbana está provocando ahora importantes inundaciones en los barrios de la llanura, debido a la dificultad de achicar las aguas hacia su salida natural, el río Ikopa. Se han excavado canales de saneamiento (canal de Andriantany, canal C3) pero las dificultades de mantenimiento y los costes de bombeo difíciles de cubrir, suelen llevar a grandes inundaciones, sobre todo en los barrios precarios, donde se ha instalado una población migrante que no dispone de medios para construir una vivienda capaz de soportar esta fuerte tensión hidráulica. El control de los riesgos de inundación requiere dejar espacio para el agua en la llanura para no tener que sobredimensionar las estaciones de bombeo (y sus costes de funcionamiento), y para mantener una vía hidráulica eficiente que permita el tránsito de las aguas de inundación en la llanura limitando a la vez los daños y permitiendo su evacuación en un tiempo razonable. Este tránsito de las aguas de escorrentía pluvial también es necesario para las crecidas excepcionales del río Ikopa, que ocasionalmente pueden provocar un rebose o una rotura del dique: una vía hidráulica identificada ayuda a reducir los daños y las consecuencias catastróficas de un evento excepcional.

**Fotografía 9. La llanura de Antanarivo tras el paso del ciclón Ewano en marzo de 2017**

Crédito de la fotografía: Olivier Gilard.

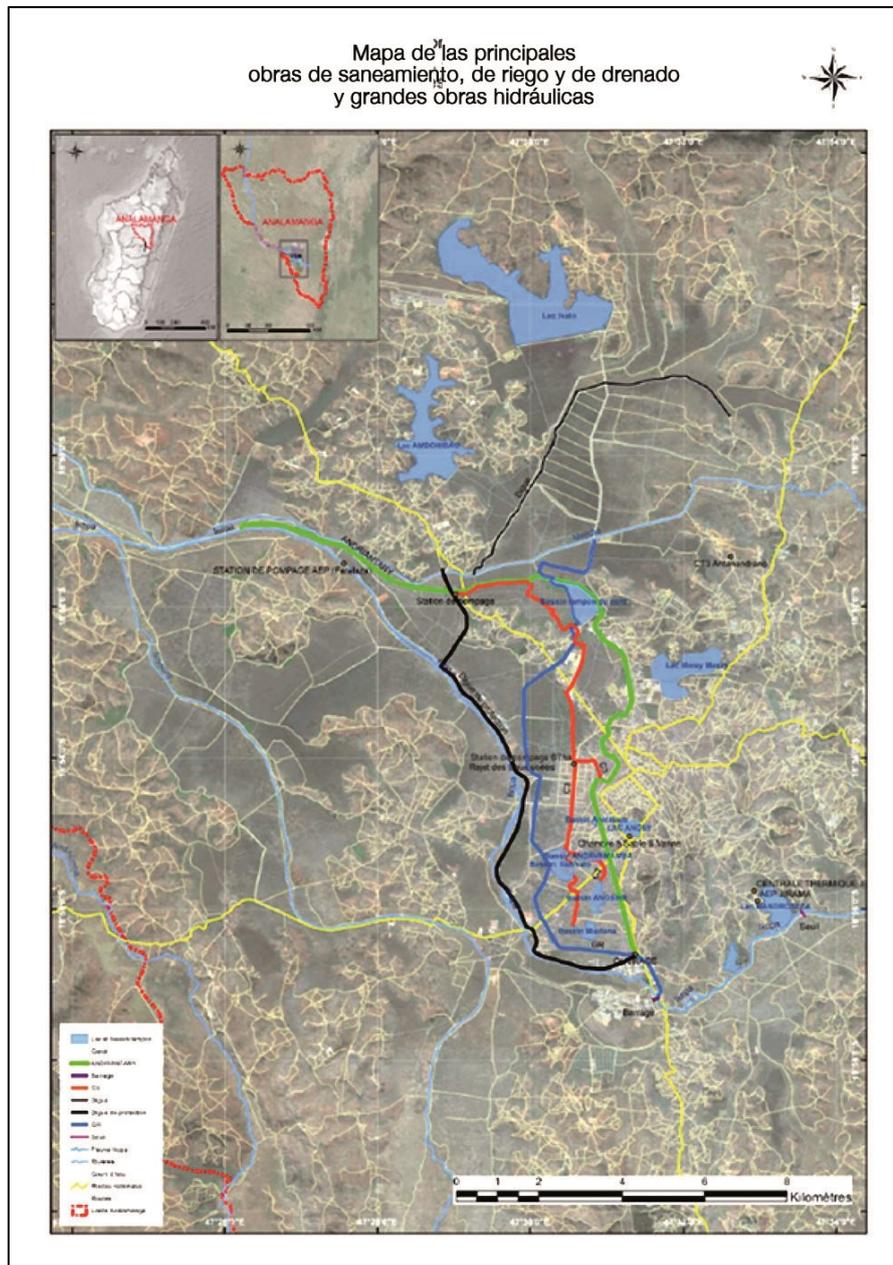


Se puede hacer una comparación válida con el desarrollo de la ciudad de Grenoble, en la llanura inundable del Isère, que ahora está clasificada como TRI (Territorio con Riesgos de Inundación), según la nomenclatura francesa. Encontrará una descripción en este enlace: <http://www.isere-drac-romanche.fr/?Histoire-de-l-endiguement-de-l>.

Se prevén las inundaciones a través de una serie de sistemas que se fueron construyendo a lo largo de los siglos, y especialmente en los últimos 200 años, con la previsión de que ocurran una vez cada 100 años. No obstante, como la clasificación TRI deja claro, las medidas de gestión de crisis siempre tienen que estar establecidas para evitar que una crecida excepcional tenga un impacto catastrófico. En la actualidad, la ciudad intenta proseguir su política de prevención invirtiendo en el acondicionamiento de áreas de embalses en tierras agrícolas aguas arriba que se puedan utilizar en el caso de fuerte crecida, y únicamente en ese caso, un acondicionamiento liderado por el SYMBHY (Syndicat Mixte des Bassins Hydrauliques de l'Isère), véase una descripción del proyecto en el siguiente enlace: <https://www.isere.fr/symbhi/projet-isere-amont/projet-global/>.

#### Mapa 4. Principales infraestructuras hidráulicas en la llanura de Antananarivo

Fuente: Documento de la Agetipa utilizado en el estudio: «Évaluation institutionnelle rapide des acteurs clés impliqués dans la gestion des eaux urbaines du grand Antananarive», Nodalis-OIEau, 2016.



En el caso de Antananarivo, la situación está aún peor por la deficiencia de los servicios de recogida de residuos, que a menudo acaban en los canales, reduciendo su eficacia hidráulica. Las consecuencias de las inundaciones se ven agravadas por la falta de una recogida eficaz de las aguas residuales y por los límites del saneamiento autónomo, debido al aumento de la densidad urbana.

La situación también muestra la necesidad de establecer instituciones sólidas, capaces de gestionar las infraestructuras. La Autoridad para la protección contra las inundaciones de la llanura de Antananarivo (APIPA) se formó en una fase anterior de acondicionamiento de la llanura y sigue desempeñando a duras penas su rol de operador de las infraestructuras

principales. El Servicio autónomo de mantenimiento de la ciudad de Antananarivo (SAMVA) nació de la misma iniciativa, pero aún no ha alcanzado un punto de equilibrio financiero y técnico debido, entre otras cosas, a la debilidad de los recursos financieros que se le asignan y, sin duda, a la falta de apoyo político, en parte debido a las tensiones políticas entre el Estado y el municipio de Antananarivo.

#### **4.2.2. La ciudad de Phnom Penh: una necesaria estrategia de polderización**

La ciudad de Phnom Penh, capital de Camboya, está situada en la llanura inundable del río Mekong. Su configuración hidráulica es muy particular debido a la presencia de un nodo hidráulico entre el río Mekong aguas arriba, el sistema hidrológico Tonle Sap que lo conecta con el lago del mismo nombre, que desempeña un papel esencial de expansión de las crecidas para reducir la presión hidráulica sobre el delta aguas abajo y, por último, los dos principales brazos distributarios que marcan el inicio del delta del Mekong, el Mekong y el Bassac. Para permitir su desarrollo, se construyeron diques de circunvalación para aislar la ciudad del campo inundable. Así la ciudad se queda completamente rodeada en periodo de aguas altas cobrando la apariencia de un polder rodeado de agua. En consecuencia, se tuvo que crear una importante red de drenaje con estaciones de bombeo que permiten achicar las aguas de escorrentía urbana, especialmente abundantes en esta región afectada por los monzones. La desaparición de un cierto número de lagos urbanos bajo la presión de la urbanización plantea un problema aún mayor para el funcionamiento de estas redes de drenaje y de bombeo, previstas para limitar los riesgos de inundación y mantenerlo en un nivel aceptable. Sin embargo, la ausencia de una estrategia clara para mantener en la red urbana un «lecho mayor» hace presagiar que las inevitables crisis futuras causarán daños importantes.

**Fotografía 10. El Tonle Sap –afluente–tributario del río Mekong– en las afueras de Phnom Penh durante la crecida de septiembre de 2009**  
Crédito fotográfico: Olivier Gilard.



La existencia de un sistema de alerta de inundaciones en el río Mekong, gestionado por la Comisión del Mekong (MRC, *Mekong River Commission*) y compartido con los servicios hidrometeorológicos de los países miembros, permite prever eficazmente, con varios días de antelación, la propagación de la onda de crecida procedente de Laos, donde se concentra la mayor parte de los aportes de este gran río.

**Fotografía II. Los alrededores de Phnom Penh en mayo de 2010**

Crédito de la fotografía: Olivier Gilard.

(véase: <https://journals.openedition.org/espacepolitique/3886>)





**Fotografía 12. Sacos de arena frente a los escaparates del centro de Bangkok durante la inundación de 2011**

Crédito de la fotografía: Olivier Gilard.



Un sistema eficaz de alerta de inundaciones había permitido a las autoridades anticipar la crisis, cerrar las compuertas que en tiempos normales permiten que parte del agua del Chao Phraya fluya por la ciudad a través de una red de canales llamados «khlong» y construir barreras de sacos de arena en las vías de circulación que habrían llevado el agua al centro de la ciudad. También permitió a los residentes de la ciudad colocar sacos de arena rodeando las casas y las tiendas para limitar la intrusión del agua en caso de que la inundación llegara al centro de la ciudad, lo que dio la impresión de una ciudad sitiada durante unas semanas.

Es importante señalar aquí que algunas consideraciones políticas impidieron una coordinación eficaz entre los servicios del Estado y los del municipio de Bangkok, opuestos entre sí, y que la capacidad hidráulica de estos khlongs se infrautilizó durante la crisis, agravando la duración de las inundaciones en la periferia para preservar el centro de la capital.

A raíz de esta crisis, se emprendieron numerosas reflexiones para facilitar el tránsito de las aguas hacia el mar con el fin de reducir la amenaza, pero también para adaptar el hábitat y hacerlo más tolerante a las limitaciones impuestas por las inundaciones y reducir así su vulnerabilidad. No obstante, el problema de la financiación de estas inversiones sigue sin resolverse, ya que las sumas en juego son muy elevadas para las infraestructuras colectivas y no existen posibilidades de financiación para la mejora del hábitat.

**Fotografía 13. Las afueras de Bangkok, donde la tierra y el agua se entremezclan – junio de 2018**

Crédito de la fotografía: Olivier Gilard.



**Fotografía 14. El río Chao Phraya fluyendo a través de Bangkok – mayo de 2013**

Crédito de la fotografía: Olivier Gilard.



#### 4.2.4. La ciudad de Ho Chi Minh: la necesidad de convivir con las inundaciones

La ciudad de Ho Chi Minh, la capital económica de Vietnam, también se ve confrontada con problemas graves de inundaciones, debido a su ubicación en la llanura inundable del río Saigón, cerca de su desembocadura en el mar, en una zona con una topografía muy poco marcada y sujeta a las influencias de las mareas. De hecho, la ciudad está situada en una antigua zona pantanosa, como demuestran los numerosos cursos de agua secundarios, llamados «rach», que la atraviesan.

Para prevenir el riesgo de inundaciones y acompañar el rapidísimo desarrollo urbano de las últimas décadas, las autoridades vietnamitas revisaron el plan de prevención de inundaciones movilizándolo varias estrategias de zonificación, diques de circunvalación y mejorando la red de drenaje. En los últimos años, numerosos proyectos han materializado este plan en infraestructuras sobre el terreno.

**Fotografía 15. El río Saigón a su paso por la ciudad de Ho Chi Minh – diciembre de 2014**  
Crédito de la fotografía: Olivier Gilard.



En las zonas periurbanas, que son en parte agrícolas, los acondicionamientos realizados generalmente conservan la producción agrícola manteniendo a la vez la tierra disponible para la dispersión de las crecidas en periodos de fuertes tensiones hidráulicas, como el proyecto «Río Saigón» financiado por la AFD.

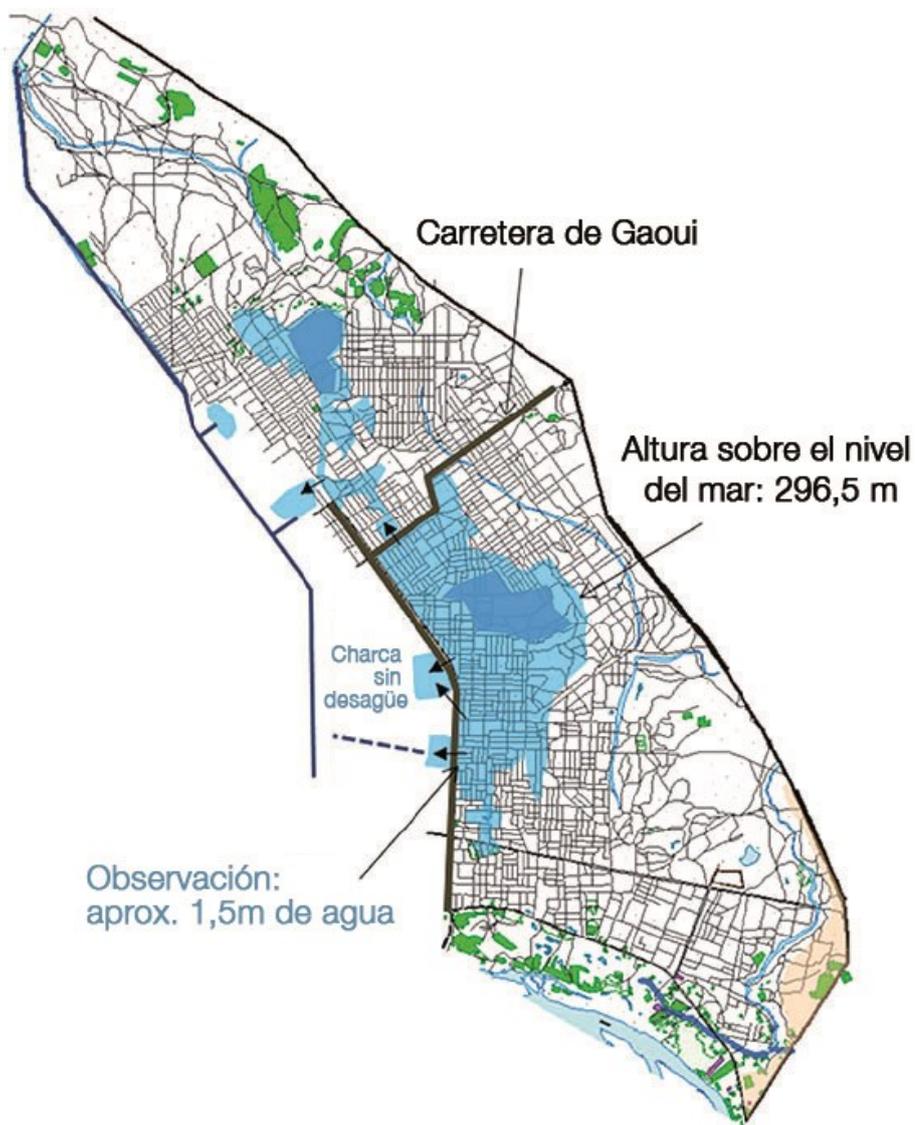
#### **4.2.5. Yamena y la cuestión de las inundaciones pluviales**

Yamena es otra capital con riesgos de inundación, debido principalmente a las fuertes precipitaciones durante la temporada de lluvias en una topografía muy plana que limita la capacidad de evacuación de las escorrentías urbanas. Los ríos Chari y Logone, que bordean la ciudad, también están sometidos a un régimen de crecidas que pueden ser importantes, pero el escaso acondicionamiento de estos ríos aguas arriba permite que se produzcan grandes desbordamientos aguas arriba de la ciudad, lo que tiende a regular de forma natural las crecidas y a limitar el riesgo de desbordamiento en el centro de la zona urbana, con la excepción de algunos barrios más expuestos (el barrio de Walia en particular, en la otra orilla del río, en relación con el centro de la ciudad).

El saneamiento se realiza mediante ejes de drenaje que permiten recoger y luego evacuar el agua hacia el río Chari, aprovechando las depresiones de la topografía natural, incluso cuando son poco significativas. Algunas vías son antiguas y están acondicionadas desde hace mucho tiempo, como el canal de Jardiniers, pero la expansión urbana de los nuevos barrios requiere la creación del mismo tipo de infraestructura para reducir el riesgo de inundaciones en la temporada de lluvias. El flujo del agua es muy lento, debido a la escasa pendiente del terreno natural, lo que obliga a prever espacios de almacenamiento intermedios. El desafío es preservar estos espacios de la urbanización para que su vulnerabilidad no evolucione sin relación con las tensiones hidráulicas. La mejor estrategia es encontrarles una función socioeconómica distinta de la función hidráulica para todo el periodo del año en el que no exista la tensión hidráulica: campo de deportes, espacio verde, zona de huerta, etc. La reglamentación urbana por sí sola no garantiza ningún cambio en la vulnerabilidad, en un país en el que los servicios administrativos siguen teniendo una presencia limitada sobre el terreno y tienen dificultades en que se cumplan las limitaciones de urbanismo.

**Mapa 6. Inundaciones y ejes de drenaje en los barrios orientales de Yamena**

Fuente: Estudio de factibilidad preliminar de las acciones a realizar para el drenaje de las aguas pluviales en los nuevos Barrios del norte y del este de Yamena, Sogreah, enero de 2012.



Otro desafío igualmente importante es definir la institución que se vaya a encargar de la operación y del mantenimiento de las obras, y de dotarla de las capacidades financieras necesarias, así como de recursos humanos debidamente formados, especialmente para la gestión de las estaciones de bombeo.

**Fotografía 16. Realización de las obras de la cuenca norte en febrero de 2019 en el marco del proyecto «agua y saneamiento de Yamena»**  
Crédito de la fotografía: Olivier Gilard.



**Fotografía 17. Realización de las obras de la cuenca norte en febrero de 2019 en el marco del proyecto «agua y saneamiento de Yamena»**  
Crédito de la fotografía: Olivier Gilard.



# Referencias

---

## Bibliografía

---

**AllEnvi (2013)**, *Groupe thématique risques environnementaux, naturels et écotoxiques, Perspectives scientifique dans le domaine des risques*, Alliance nationale de recherche pour l'environnement, Octobre de 2013.

**CEPRI (n.d.)**, *Sensibiliser les populations exposées au risque d'inondation - Comprendre les mécanismes du changement de la perception et du comportement*.  
[https://www.cepri.net/tl\\_files/pdf/guide%20sensibilisation.pdf](https://www.cepri.net/tl_files/pdf/guide%20sensibilisation.pdf)

**CGEDD (2017)**, *Gestion des eaux pluviales, 10 ans pour relever le défi*, Tome 1, synthèse du diagnostic et propositions, rapport 010159-01, avril de 2017.

**Degoutte G. (2012)**, *Cours d'hydraulique, dynamique et morphologie fluviale* - Agro ParisTech.

**Gerard F. y Lang M. (2019)**, *Xynthia : analyse des causes et des conséquences de la catastrophe*, La Houille Blanche 2019, 3-4, 149-156, SHF, EDP Sciences, <https://doi.org/10.1051/lhb/2019025>

**Gilard O. (1998)**, *Guide pratique de la méthode inondabilité*, étude inter-agences n° 60, 1998.

**Lang M., B. Chastan y F. Grelot (2008)**, *La méthode Inondabilité : appropriation par les hydrologues de la vulnérabilité dans le diagnostic sur le risque d'inondation*, Cemagref. Disponible en: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00493184/document>

**Lang M., C. Coeur, A. Bard, B. Bacq y T. Becker (2013)**, Les inondations remarquables en France : premiers éléments issus de l'enquête EPRI 2011, *La Houille Blanche - Revue internationale de l'eau*, EDP Sciences, 2013, p.37-p.47. Disponible en: [10.1051/lhb/2013041](https://hal-00936942). hal-00936942

**Ledoux, B. (2006)**, *La gestion du risque inondation*, Lavoisier, Tec&Doc.

**MEDDE (MINISTERIO DE ECOLOGIA, DESARROLLO SOSTENIBLE Y ENERGIA), FRANCIA (2004)**, *Les inondations - Dossier d'information*. Disponible en: <https://side.developpement-durable.gouv.fr/OCCL/doc/SYRACUSE/90816/les-inondations-dossier-d-information>

**MEDDE France (2015)**, *EauFrance - Glossaire* (Ministerio de Ecología, Desarrollo sostenible y Energía), Octubre de 2015. <http://www.glossaire-eau.fr/glossaire>

**Partenariat Français pour l'Eau (PFE)**, *Mieux connaître pour mieux gérer - Eau, climat et développement*, Collection Expertise n° 1, sin fecha.

**Quenault B. (2015)**, "De Hyōgo à Sendai, la résilience comme impératif d'adaptation aux risques de catastrophe : nouvelle valeur universelle ou gouvernement par la catastrophe ?" , *Développement durable et territoires* [En ligne], Vol. 6, n° 3 | Décembre de 2015, <https://journals.openedition.org/developpementdurable/11010>; DOI:10.4000/developpementdurable.11010

**UICN France (2018)**, *Les Solutions fondées sur la Nature pour lutter contre les changements climatiques et réduire les risques naturels en France*, Paris.

**UNISDR (2009)**, Terminología sobre la reducción del riesgo de desastres. Recuperada en septiembre de 2015, <http://www.unisdr.org/we/inform/terminology>

**UNISDR (2015)**, *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. [https://www.preventionweb.net/files/43291\\_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf](https://www.preventionweb.net/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf)

**UNISDR (2015)**, GA GAR - *Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres: Hacia el desarrollo sostenible: El futuro de la gestión del riesgo de desastres*. [https://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2015/en/gar-pdf/GAR2015\\_SP.pdf](https://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2015/en/gar-pdf/GAR2015_SP.pdf)

---

## Sitios web de referencia:

---

<https://www.unisdr.org/>

<https://www.gfdrr.org/en>

<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/politiques/risques-inondations>

<https://www.inrae.fr/actualites/inondations-outils-inrae-surveillance-crues>

<http://www.set-revue.fr/>

<http://cepri.net/>

<https://afpcn.org/>

<https://www.mrn.asso.fr/>

<https://www.vigicrues.gouv.fr/>

<http://www.onrn.fr/>

<https://shyreg.inrae.fr/>

<https://www.mementodumaire.net/les-risques-naturels/rn2-inondations/>

---

## Publicaciones en línea

---

<https://www.cerema.fr/fr/actualites/retour-journee-amenager-risque-inondation-dialogue>

<https://www.iau-idf.fr/environnement/developpement-durable/la-ville-post-reseau-lepreuve-de-la-gestion-des-eaux-de-pluie.html>

<https://www.mrn.asso.fr/lettre-mrn-n29-aleas-naturels-et-inadaptation-du-bati/>

---

## Léxico de los términos técnicos

---

### **Amenaza (*hazard*):**

El término de amenaza se define 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 riesgos mayores (2012). A nivel internacional, la UNISDR (2009) ofrece una definición similar. Aplicado a las inundaciones, este término se refiere a los fenómenos hidrometeorológicos e hidráulicos.

### **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 periodos teóricos de retorno (2, 5, 10, etc.). (MEDDE France, 2015).

### **Caudal de estiaje:**

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

### **Clima (*climate*):**

El clima es la distribución estadística de las condiciones de la atmósfera terrestre en una región determinada durante un periodo de tiempo determinado. Es diferente de la meteorología, que es el estudio del tiempo a corto plazo en zonas concretas (definición extraída de Wikipedia).

### **Crecida (*rising river*):**

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

### **Cuenca hidrográfica (*catchment area* o *watershed*):**

unidad hidrológica que drena las aguas de escorrentía en su superficie y las evacúa hacia el punto aguas abajo a través de la red hidrográfica. En términos de inundación, se trata de la zona del territorio que contribuye a los aportes que afectan al punto de análisis.

### **Curvas de Caudal –**

#### **Duración – Frecuencia QdF**

(*Flow-duration-Frequency curve*): curvas que sintetizan gráficamente el régimen de caudales de un río y la distribución estadística del conjunto de posibilidades. Se distingue entre las crecidas y los estiajes (bajo nivel del agua).

### **Curvas de Intensidad –**

#### **Duración – Frecuencia – IDF (*Intensity-Duration-Frequency curve*):**

curvas que describen gráficamente y sintéticamente los conocimientos pluviométricos de un punto dado estableciendo las relaciones entre las intensidades, las duraciones y las frecuencias de las lluvias. Representan la distribución estadística de las lluvias en un punto determinado.

### **Desastre (*disaster*):**

Una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona una gran cantidad de muertes al igual que pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente [...]. Con frecuencia, se describe a un desastre como el resultado de la combinación de la exposición a una amenaza, las condiciones de vulnerabilidad presentes, y capacidades o medidas insuficientes para reducir o hacer frente a las posibles consecuencias negativas (UNISDR, Terminología, 2009).

### **Grado de exposición:**

La población, las propiedades, los sistemas u otros elementos presentes en las zonas donde existen amenazas y, por consiguiente, están expuestos a experimentar pérdidas potenciales (UNISDR, 2009).

### **Hidráulica (*hydraulics*):**

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

### **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).

**Hidrología (*hydrology*):**

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, Glosario internacional de hidrología, 1992). Cabe señalar que los métodos utilizados en la prevención (estadística, caracterización de los regímenes) no tienen nada que ver con los que se utilizan en la previsión (modelo lluvia-caudal, representación de los eventos tomados individualmente).

**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, los torrentes de montaña y las corrientes de agua intermitentes mediterráneas, así como las inundaciones debidas al mar en las zonas costeras (Gouvernement Français, 2012).

**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 adaptación:**

conjunto de medidas de adecuación de los sistemas naturales o humanos a las condiciones propias de un entorno cambiante.

**Medidas de mitigación (de las emisiones de GEI):**

Intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero (IPCC, 2001). Este tipo de medida no está directamente relacionada con el riesgo de inundación.

**Meteorología:**

la ciencia de los fenómenos meteorológicos en la atmósfera. En el contexto de las inundaciones son principalmente los fenómenos pluviométricos.

**Periodo de retorno (return period) de una crecida:**

inversa de la probabilidad anual de desbordamiento de la crecida (Ledoux, 2006), que describe la frecuencia de tal evento.

**Precipitación (*precipitation*):**

conjunto de aguas (en forma líquida o sólida como, por ejemplo, la nieve o el granizo) que cae en la superficie del suelo, bajo el efecto del cambio de temperatura o de presión.

**Red hidrográfica (waterway o water system):**

todos los canales, las corrientes de agua y los ríos, naturales o artificiales, permanentes o temporales, por los que el agua fluye hacia una cuenca hidrográfica determinada. (Musy, 2005).

**Resiliencia (*resilience*):**

La capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz (UNISDR, 2009).

*Cabe destacar que esta definición tiene poca aplicación a la resiliencia a los impactos del cambio climático, que requiere la adaptación a las nuevas condiciones sin volver al estado inicial.*

**Riesgo de desastres (disaster risk):**

Las posibles pérdidas que ocasionaría un desastre en términos de vidas, las condiciones de salud, los medios de sustento, los bienes y los servicios, y que podrían ocurrir en una comunidad o sociedad particular en un periodo específico de tiempo en el futuro (UNISDR, Terminología, 2009).

**Vulnerabilidad (*vulnerability*):**

la propensión de los bienes, las personas, las actividades, las funciones, los sistemas y otros elementos expuestos que constituyen un territorio y una sociedad determinados a sufrir daños o a dejar de funcionar (Leone y Vinet, 2011).

## Lista de siglas y abreviaciones

<b>AFD</b>	Agencia Francesa de Desarrollo
<b>APIPA</b>	<i>Autorité pour la protection contre les inondations de la plaine d'Antananarivo</i> (Autoridad para la protección contra las inundaciones de la llanura de Antananarivo)
<b>Cemagref</b>	<i>Centre national du machinisme agricole du génie rural, des eaux et des forêts</i> (Centro nacional de mecanización agrícola de ingeniería rural, de las aguas y de los bosques)
<b>CEPRI</b>	<i>Centre européen de prévention du risque d'inondation</i> (Centro europeo para la prevención de los riesgos de inundación)
<b>GIRH</b>	Gestión Integrada de Recursos Hídricos
<b>GIRI</b>	Gestión integrada de los riesgos de inundación
<b>GISTDA</b>	<i>Geo-informatics and Space Technology Development Agency</i> (Agencia de desarrollo de la geoinformática y la tecnología espacial)
<b>INRAE</b>	<i>Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement</i> (Instituto nacional de investigación para la agricultura, la alimentación y el medio ambiente)
<b>IPCC</b>	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
<b>IRSTEA</b>	<i>Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture</i> (Instituto nacional de investigación en ciencias y tecnologías para el medio ambiente y la agricultura)
<b>MRC</b>	<i>Mekong River Commission</i> (Comisión del Río Mekong)
<b>ONG</b>	Organización No Gubernamental
<b>PFE</b>	<i>Partenariat français pour l'eau</i> (Asociación francesa para el agua)
<b>QdF</b>	<i>Courbes Débit-durée-fréquence</i> (Curvas de caudal-duración-frecuencia)
<b>SAMVA</b>	<i>Service Autonome de Maintenance de la Ville d'Antananarivo</i> (Servicio autónomo de mantenimiento de la ciudad de Antananarivo)
<b>SBN</b>	Soluciones Basadas en la Naturaleza
<b>SYMBHI</b>	<i>Syndicat Mixte des Bassins Hydrauliques de l'Isère</i> (Sindicato mixto de cuencas hidráulicas del Isère)
<b>TAL</b>	<i>Période de retour équivalent à l'aléa</i> (Periodo de retorno equivalente a la amenaza)

<b>TOP</b>	<i>Période de retour équivalente à l'objectif de protection</i> (Periodo de retorno equivalente al objetivo de protección)
<b>TRI</b>	<i>Territoire à risque important d'Inondation</i> (Territorio con un riesgo importante de inundación)
<b>UICN</b>	<i>Union internationale pour la conservation de la nature</i> (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza)
<b>UNISDR</b>	<i>United Nations International Strategy for Disaster Reduction</i> (Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas)





## ¿Qué es el Grupo AFD?

Las Éditions Agence française de développement publican trabajos de investigación y de evaluación sobre temas de desarrollo sostenible. Realizadas con múltiples socios del Norte y del Sur, estas publicaciones contribuyen al análisis de los retos a los que se enfrenta nuestro planeta, con el fin de tener una mejor comprensión, prevención y puesta en marcha de acciones concertadas en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Con un catálogo de más de 1.000 títulos y con un promedio de 80 publicaciones nuevas editadas cada año, las Éditions Agence française de développement promueven la difusión del conocimiento y la experticia, a través de sus colecciones y de aquellas de sus socios clave. Descubre todas nuestras publicaciones de acceso libre en [editions.afd.fr](http://editions.afd.fr). Por un mundo en común.

**Director de la publicación** Rémy Rioux  
**Director de la redacción** Thomas Melonio  
**Creación gráfica** MeMo, Juliegilles, D. Cazeils  
**Concepción y realización** Coquelicot  
**Traducido del francés** por Consuelo Manzano

**Legal deposit** 4º trimestre de 2021  
**ISSN** 2680-5448 **ISSN digital** en curso

## Reconocimientos y autorizaciones

Licencia Creative Commons  
Atribución-No comercial-Sin derivadas  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



Impresión por parte del servicio de reprografía de la AFD.  
Podrá consultar las demás publicaciones de la colección de informes técnicos (Rapport techniques), en:  
<https://www.afd.fr/en/collection/technical-reports>