



## Quelles archives aujourd'hui pour mieux gérer les risques demain ?

Nancy de Richemond

### ► To cite this version:

Nancy de Richemond (Dir.). Quelles archives aujourd'hui pour mieux gérer les risques demain ? : Approches géographiques et historiques. Presses universitaires de la Méditerranée, 104 p., 2010, Géorisques, 978-2-84269-898-0. hal-03051071

**HAL Id: hal-03051071**

**<https://hal.science/hal-03051071>**

Submitted on 20 Jul 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License







QUELLES ARCHIVES AUJOURD'HUI POUR MIEUX  
GÉRER LES RISQUES DEMAIN ?



# Approches géographiques et historiques

Sous la direction de Nancy Meschinet de Richemond  
(université Paul-Valéry — Montpellier III)

GÉORISQUES n°3  
Collection de l'équipe d'accueil 3766 GESTER  
(université Paul-Valéry — Montpellier III)



# Sommaire

|                 |                                                                                                                                                                                         |           |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Partie 1</b> | <b>Diversité des sources, des bases de données et de leurs usages. ....</b>                                                                                                             | <b>9</b>  |
| 1               | <i>La constitution et le traitement des longues séries climatologiques à Météo-France,</i><br>Sylvie JOURDAIN .....                                                                     | 13        |
| 2               | <i>Bases de données et archives des SDIS : mieux connaître les risques<br/>pour une meilleure prévision et prévention,</i><br>Christian REY .....                                       | 19        |
| <b>Partie 2</b> | <b>Apport des recherches historiques pour la mémoire et la connaissance des risques .....</b>                                                                                           | <b>27</b> |
| 3               | <i>De l'utilité des légendes et toponymes dans la reconstruction et l'anticipation de catastrophes :<br/>le cas du Mont Pinatubo aux Philippines,</i><br>Jean-Christophe GAILLARD ..... | 31        |
| 4               | <i>Mise en perspective historique de la crue du Vidourle des 8 et 9 septembre 2002<br/>à Sommières (Gard),</i><br>Laurent BOISSIER et Aimé JEANJEAN .....                               | 39        |
| 5               | <i>Mémoires et cultures locales du risque :<br/>quelques enseignements tirés des journées d'échanges du groupe Histoire-Mémoire de l'AFPCN,</i><br>Nancy MESCHINET DE RICHEMOND .....   | 45        |
| 6               | <i>Les risques de l'évolution rapide du trait de côte au Gabon : l'exemple de Port-Gentil,</i><br>Emmanuel ONDO ASSOUMOU .....                                                          | 51        |
| <b>Partie 3</b> | <b>Des archives intégrées dans la gestion réglementaire actuelle des risques .....</b>                                                                                                  | <b>57</b> |
| 7               | <i>Des archives pour « prédire » le risque : cas du bassin de la Largue (Haut-Rhin, France),</i><br>Lauriane WITH .....                                                                 | 61        |
| 8               | <i>Situation de blocage d'une procédure de PPRI : la clef de l'histoire ?<br/>Cas du Bassin de l'Ill (Alsace, France),</i><br>Ouarda GUERROUAH .....                                    | 67        |
| 9               | <i>Les archives et la gestion de sites sous-minés,</i><br>Frédéric POULARD .....                                                                                                        | 71        |

## Partie 4 Des archives pour une meilleure gestion prospective du risque ..... 77

- 10 *Raisonnement à Partir de Cas et système complexe émergent :  
le cas de la prévention des coulées boueuses,*  
Céline OHRESSER, Abdellah GHENAÏM, Jean-Bernard POULET et Abdelali TERFOUS ..... 81
- 11 *Une base de données géohistorique pour gérer les risques de demain, l'exemple de Vars  
(Hautes-Alpes, France),*  
Brice MARTIN ..... 87
- 12 *L'indispensable réanalyse des bases de données sur les cyclones tropicaux,*  
Karl HOARAU ..... 95
- Quelles archives aujourd'hui pour mieux gérer les risques demain : conclusion géorisques 3 .... 101

## Partie 1

Diversité des sources,  
des bases de données et de leurs usages.





La richesse des fonds d'archives de l'État et des Collectivités locales est aujourd'hui bien connue, mais la forte augmentation de production de données contemporaines et l'hyperspécialisation disciplinaire pose par ailleurs de nouveaux problèmes pour assurer la pérennité des connaissances d'aujourd'hui afin qu'elles soient utiles et facilement accessibles aux acteurs de la gestion des risques de demain :

- Problèmes de stockage et de tri des données ;
- Problèmes d'accessibilité liés à l'évolution des supports informatiques et à la formation des personnels ;
- Problèmes de suivi et de conservation de certaines archives locales non inventoriées, dont le stockage n'est pas toujours prévu et qui peuvent être perdues ou détruites à l'occasion de la réorganisation de services ;
- Problèmes d'intégration des archives privées et de nouveaux fonds (d'entreprises par exemple), etc.

Cette partie présente ainsi quelques exemples de sources méconnues ou peu exploitées (SDIS), l'importance et la complexité du travail nécessaire pour « faire vivre » des séries de données sur de longues durées, (collecte et validation, mise en cohérence au sein d'outils les rendant exploitables en fonction des besoins d'aujourd'hui...). Enfin, le tri, l'harmonisation, l'analyse des données permet d'alimenter de nouveaux outils de cartographie et de communication (SIG) et de construire des indicateurs de risques utiles aux décideurs.



# 1 La constitution et le traitement des longues séries climatologiques à Météo-France

Sylvie JOURDAIN

*Météo-France*

*Direction de la Climatologie, 42 avenue Coriolis,  
31057 Toulouse Cedex. tél. : 05 61 07 83 84*

[sylvie.jourdain@meteo.fr](mailto:sylvie.jourdain@meteo.fr)

**Résumé.** — Météo-France cherche à enrichir le patrimoine climatologique en séries françaises fiables et exploitables dans le cadre des changements climatiques. Disposer de longues séries instrumentales exploitables nécessite au préalable un effort de recherche, de numérisation, de contrôle et de mise en base des données. Les données se retrouvent dispersées dans de multiples fonds d'archives en France. La récupération n'est pas toujours facile, mais de nombreuses collaborations avec différents fonds d'archives se mettent en place pour sauver les données météorologiques anciennes. Les longues séries brutes météorologiques sont entachées de nombreuses hétérogénéités qui ne sont pas dues au climat. Ces séries brutes sont bien souvent inexploitables en l'état, mais elles sont néanmoins conservées précieusement. Pour constituer des séries de référence, les séries doivent être contrôlées et corrigées.

**Mots-clés.** — sauvetage des données, longues séries climatiques.

**Title.** — *Climate long term series construction and use at Météo-France*

**Abstract.** — Météo-France aims at improving the French climatological heritage in reliable and usable series within the general scope of climate change studies. The construction of reliable instrumental long series is a long way. Prior to have long-term reliable series, data rescue is necessary : to look for data and acquire data, to digitize data, to apply quality control to the series and finally to insert data in database. Data acquisition is not always easy, but some collaborations with archives are starting to rescue the meteorological data. There is a general consensus that long climatic time series do not display only pure climate variability. These row series are often unusable, however they are precious kept in the database. Quality control and corrections are carried out in order to build reference series.

**Key-words.** — data rescue, climate long series.

## 1.1 Introduction

La Direction de la Climatologie de Météo-France cherche à enrichir le patrimoine climatologique en séries françaises fiables et exploitables. Cette démarche s'inscrit dans le

cadre général de l'étude des changements climatiques et permet aussi l'étude d'événements particuliers.

Les longues séries météorologiques instrumentales de bonne qualité et fiables sont des informations nécessaires indispensables pour les études visant à mieux comprendre, détecter et prévoir le changement climatique. Analyser les évolutions climatiques à partir des mesures météorologiques exige de disposer d'un nombre suffisant de séries climatiques longues. Or aujourd'hui, notre capacité d'analyse des changements climatiques au niveau régional est limitée par le manque de données.

**La sauvegarde de données météorologiques anciennes est une mission de Météo-France et une contribution essentielle de Météo-France à l'effort de détection du changement climatique à l'échelle régionale.**

Notons que la mission de mémoire du climat suppose la conservation et la reconstitution d'une information, et non de son support d'origine, mission patrimoniale dévolue aux Archives de France et Archives départementales.

## 1.2 Pourquoi le sauvetage des données météorologiques anciennes ?

Les données climatiques anciennes risquent d'être perdues à cause de la détérioration de leur support : consignées sur supports en papier, elles sont menacées (le feu, l'humidité, les insectes, le manque de place, les déménagements, l'effacement de l'encre ...). Seule leur numérisation permet de les préserver. La course contre la montre est donc engagée et chacun à Météo-France doit contribuer à l'action de sauvetage des données météorologiques anciennes.

Il existe de nombreux documents regroupant des observations susceptibles d'enrichir avantagement la Base de Données CLIMatologiques (BDCLIM) de Météo-France, au sein des différents services de Météo-France et à l'extérieur de Météo-France. Les documents sont dispersés dans de multiples fonds en France. Les archives de Météo-France déposées aux archives nationales de Fontainebleau sont inaccessibles pour plusieurs années pour cause de présence d'amiante dans les bâtiments.

L'action de Météo-France, concentrée sur les deux siècles passés, s'inscrit dans un vaste effort de la communauté scientifique.

Disposer de longues séries instrumentales exploitables nécessite au préalable un effort de recherche, de numérisation, de contrôle et de mise en base des données. Devant

la quantité colossale d'observations à récupérer, il a paru nécessaire de définir un axe de recherche. La première phase du programme de recherche en données anciennes a permis l'enrichissement du patrimoine climatologique français métropolitain, plus spécialement en moyennes mensuelles de température et en cumuls mensuels de précipitations sur la période 1880-1950. Aujourd'hui Météo-France a de nouveaux objectifs et a défini de nouvelles priorités dans la récupération des données. Météo-France, conscient de l'intérêt de disposer de séries antérieures à 1880, élargit ses recherches aux données du XIX<sup>e</sup> et aux données quotidiennes.

Les données se retrouvent dispersées dans de multiples fonds en France, c'est pourquoi l'action de recherche de données anciennes pilotée par la Direction de la Climatologie implique de nombreux services de Météo-France, comme la bibliothèque de Météo-France, les bureaux climatologiques régionaux et les centres départementaux. La récupération ou l'emprunt des documents n'est pas toujours facile, mais de nombreuses collaborations avec les différents fonds d'archives (en particulier avec les bibliothèques universitaires) se mettent en place pour sauver les données météorologiques anciennes.

L'action de recherche de données anciennes à Météo-France a évolué en une action de Sauvetage de données (Data Rescue) aux multiples facettes : photographie ou microfilmage des documents papier, numérisation des données, recherche des métadonnées puis insertion dans la BDCLIM. Le chemin entre la localisation des sources de données et l'utilisation des données numérisées pour des études est long et laborieux et demande beaucoup de persévérance.

La mise en base des données anciennes garantit la pérennité de l'archivage des données et facilite l'accès à ces données. Météo-France propose un service internet d'accès aux données et produits de Météo-France : <http://climathèque.meteo.fr>.

### 1.3 Organisation du sauvetage des données anciennes à Météo-France

La Direction de la Climatologie coordonne et anime la recherche en données anciennes à Météo-France, organise la récupération ou l'emprunt des documents pour les faire numériser, s'occupe de la saisie des données météorologiques et de l'insertion des données dans la Base de Données Climatologiques...

L'action de sauvetage de données météorologiques à Météo-France comprend plusieurs étapes listées ci-après :

- Identification des fonds d'archives et recherche des données ;
- Inventaire des données et métadonnées ;
- Comparaison avec les données présentes dans la BDCLIM ;
- Récupération des données : duplication par microfilmage, photographie ou scan, emprunt des documents ;
- Recherche des métadonnées pour identifier le site de mesure des données à saisir ;
- Saisie et contrôle de la saisie des données ;
- Insertion des données dans la BDCLIM.

La mise en base des données anciennes garantit la pérennité de l'archivage des données et facilite l'accès à ces données.

### 1.4 Que recherche-t-on ?

À partir de 1994, la direction de la Climatologie a entrepris une vaste opération de saisie à partir de documents synthétiques archivés à Météo-France, tels que les annales du Bureau central Météorologique de France, avec pour fil conducteur l'étude des évolutions climatiques. Devant la quantité colossale d'observations à récupérer il a été nécessaire de définir un premier axe de recherche.

Cette première phase du programme de recherche en données anciennes a permis l'enrichissement du patrimoine climatologique français métropolitain, plus spécialement en moyennes mensuelles de température et en cumuls mensuels de précipitations sur la période 1880-1950.

Il reste encore de nombreuses données à sauver et l'effort de récupération des observations sur la période 1800-1950 doit continuer pour constituer des longues séries d'observations et enrichir le patrimoine climatologique français.

**Météo-France recherche en priorité des observations météorologiques entre 1850 et 1950 pour les paramètres température, précipitation, durée d'insolation et pression. Les données pouvant être mensuelles, quotidiennes ou horaires.**

Les métadonnées associées aux données météorologiques sont spécialement recherchées, ainsi que toute information périphérique utile à la compréhension des situations marquant et extrêmes.

### 1.5 Où trouve-t-on les données météorologiques anciennes ?

Les données se retrouvent dispersées dans de multiples fonds en France, c'est pourquoi l'action de recherche de données anciennes pilotée par la direction de la Climatologie implique de nombreux services.

Les relevés, registres ou annales se trouvent dans les archives de Météo-France déposées aux archives nationales de Fontainebleau et dans les différents sites de Météo-France : bibliothèque de Météo-France, Centres départementaux de la Météorologie (CDM) et Direction de la Climatologie (DCLim). Météo-France a fait de nombreux versements de données climatologiques aux archives nationales de Fontainebleau de 1970 à 1990 afin d'archiver les documents anciens produits par la Direction de la Météorologie. Or depuis quelques années tous ces documents sont inaccessibles car les documents sont stockés dans des bâtiments amiantés.

De nombreuses données météorologiques sont disponibles sur Internet dans les documents numérisés par les bibliothèques françaises et mis à disposition sur le web. Le site le plus riche est sans conteste celui de la Bibliothèque Nationale de France : Gallica, la bibliothèque numérique de la B.N.F.

Ce site, qui évolue sans cesse, contient de nombreux mémoires d'académie des sciences ou de sociétés savantes qui contiennent des données météorologiques anciennes. Nous citerons deux exemples :

- Le traité de météorologie de Cotte (1788 et 1774), dans lequel l'auteur a rassemblé des tables de météorologie avec par exemple les observations des cumuls annuels de précipitations mesurées à l'observatoire royal de Paris de 1689 à 1754 et à Lyon 1704 à 1708 en pouces et en lignes (figure 1.1).

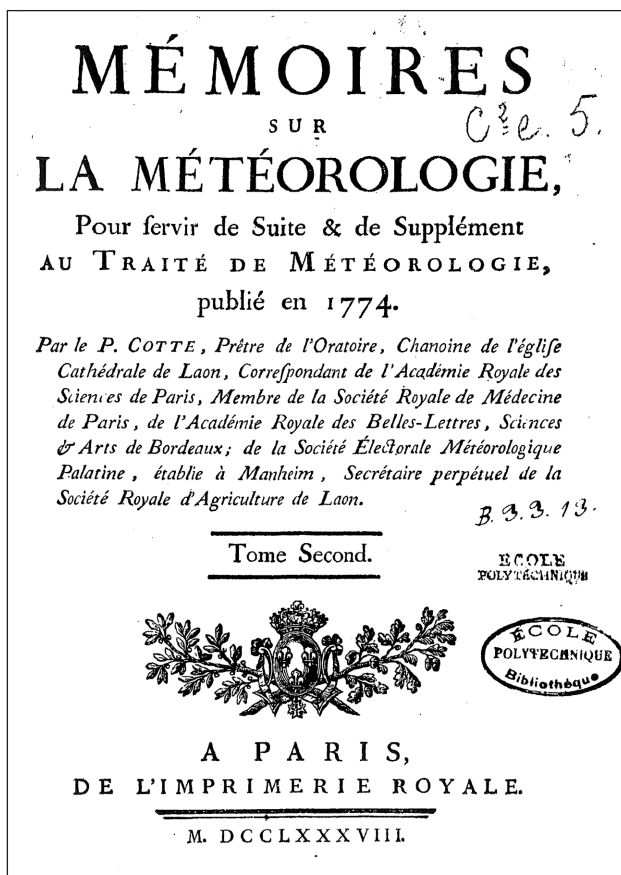


Fig. 1.1 : Mémoires sur la météorologie de L. Cotte (1774), source : <http://gallica.bnf.fr>

- Les mémoires des Académies des Sciences de Bordeaux, mis à disposition.

Ces mémoires contiennent toutes les précipitations mensuelles rassemblées par Raulin avant 1880. La majeure partie des données ont été saisies et insérées dans la Base de données Climatologiques (BDCLIM) de Météo-France, mais ces mémoires sont encore précieux pour les renseignements sur les mesures rassemblés par son auteur.

Les documents sont très facilement téléchargeables. Une page de Raulin (1872) sur les séries antérieures à 1880 dans l'Hérault a été extraite (figure 1.2).

Il existe de nombreux fonds d'archives qui conservent des données climatologiques en dehors des structures de Météo-France : archives départementales, archives municipales, bibliothèques ...

| 619                                                                |           |                 |  |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|--|
| Des observations ont donc été faites dans les stations suivantes : |           |                 |  |
| Stations.                                                          | Altitude. | Années.         |  |
| A. St-Étienne-de-Valfrancesque (de Cabiron).....                   | ....      | 1777-83.        |  |
| B. Lunel-Viel (Forey).....                                         | 20, ?     | 1854 (1/2).     |  |
| C. Saint-Bès (Romieu).....                                         | 20, ?     | 1765-66 (4).    |  |
| (Montpellier (Poitevin père et fils).....                          | 44,3      | 1767-1819 (50). |  |
| D. { (Roubieu, Castelnaud).....                                    | 50, ?     | 1823-50 (21).   |  |
| (MM. Roche et Durand).....                                         | 49,5      | 1857-67 (14).   |  |
| D <sup>1</sup> . { (Divers et M. Martins).....                     | 28,5      | 1838-70 (25).   |  |
| D <sup>2</sup> . { (École normale).....                            | 30,8      | 1865-70 (6).    |  |
| E. Marais de Vic (service hydraul. marit.).....                    | 0,5       | 1864-74 (7).    |  |
| F. Cette (M. Doumet-Adanson).....                                  | 23,5      | 1854-70 (17).   |  |
| F <sup>1</sup> . { (Service hydraulique maritime).....             | 1,5       | 1835-70 (15).   |  |
| G. Villeneuve (M. Pradal, instituteur).....                        | 447,7     | 1867-74 (5).    |  |
| H. Pézenas (Auzias).....                                           | 24,0      | 1825-45 (21).   |  |
| I. Agde (Administration du Canal).....                             | 43,0      | 1846-70 (23).   |  |
| J. { Béziers (Andoque).....                                        | 60, ?     | 1725-32 (8).    |  |
| (MM. Crozals et Crouzat).....                                      | 62,0      | 1846-70 (22).   |  |
| J <sup>1</sup> . { (Administration du Canal).....                  | 9,0       | 1842-70 (27).   |  |

Une série a duré un demi-siècle; six, 27 à 21 ans; deux, 17 et 15; cinq de 11 à 5; quelques-unes, enfin, ont une durée d'une année ou moindre. Montpellier possède ainsi un siècle d'observations commencé en 1765 et n'ayant qu'une douzaine d'années d'interruptions, surtout de 1820 à 1823 et de 1831 à 1834.

*Note.* — Après la création du Comité météorologique de l'Ouest méditerranéen, comprenant les cinq départements de l'Académie de Montpellier, douze nouvelles stations ont été organisées pour septembre 1872 dans celui de l'Hérault : Palavas, Cette (2) et Agde sur le littoral; Montpellier (2), Clermont et Pézenas dans la plaine; Saint-Martin-de-Londres, Saint-Guilhem-le-Désert, Lodève et Bédarieux à de grandes altitudes. — M. Duponchel, ingénieur en chef, a aussi organisé un réseau de vingt stations pluviométriques, dont six ont fonctionné en décembre.

A. Saint-Étienne-de-Valfrancesque.

Ce lieu, que je n'ai pu découvrir, est, d'après Poitevin, « situé au pied de la chaîne des montagnes des hautes Sévennes, à environ deux myriamètres quatre kilomètres de Montpellier. » Les quantités annuelles sont les suivantes :

|             |             |                |
|-------------|-------------|----------------|
| 1777 1475,3 | 1780 1325,9 | 1783 1772,0    |
| 1778 1227,2 | 1781 1296,7 |                |
| 1779 1360,3 | 1782 672,9  | Moyenne 1328,6 |

A Ganges, au N.-N.-O. de Montpellier, M. Boutin a mesuré 67<sup>mm</sup> de pluie en janvier 1866.

B. Lunel-Viel.

M. Forey a recueilli les quantités de pluie suivantes en 1854.

|       |        |      |       |        |       |
|-------|--------|------|-------|--------|-------|
| Mars. | Avril. | Mai. | Juin. | Juill. | Août. |
| 33,0  | 84,3   | 60,2 | 78,5  | 46,3   | 0,0   |

Fig. 1.2 : Liste des observations faites avant 1870 dans l'Hérault de Raulin (1872), <http://gallica.bnf.fr>.

## 1.6 Sauvetage des données météorologiques de l'Hérault

D'après Raulin (1872), l'Hérault est un des départements où les observations ont commencé le plus anciennement dans la France méridionale. D'après Angot (1895), Andoque exécuta à Béziers de 1725 à 1732 une série publiée dans les Mémoires de l'Académie des Sciences par Mairan en 1733 et par Cotte (1788).

Le département de l'Hérault est riche en documents contenant des données météorologiques : Mémoires de l'Académie des Sciences de 1855 à 1884, les Nouvelles Météorologiques, les Bulletins de la Société météorologique de France de 1872 à 1876, l'essai sur le climat de Montpellier écrit par Poitevin (Poitevin, 1803), les Mémoires de l'Académie des Sciences de Bordeaux de Raulin (1872), les annuaires de la Société Météorologique de France de 1849 à 1899, les registres d'observations faites à Montpellier à l'école d'Agriculture, les relevés du service hydraulique de Ponts et Chaussées de 1921 à 1945 et surtout les bulletins météorologiques de l'Hérault.

Les services d'Archives départementales de l'Hérault conservent de nombreux documents manuscrits contenant des données météorologiques anciennes. Grâce au soutien du Centre départemental de l'Hérault (CDM 34), Météo-France a fait numériser de nombreux documents datant du XVIII<sup>e</sup> siècle sous forme de microfilms puis de fichiers pdf. Nous citerons les observations faites à Montpellier par Badon de 1776 à 1792, les observations faites à Montpellier par Romieu de 1758 à 1766 et de Poitevin de 1767 à 1774... L'exploitation des données météorologiques est toutefois très délicate car les thermomètres sont semblables aux thermomètres actuels depuis seulement le XIX<sup>e</sup> siècle. Dans sa chronologie des principaux progrès importants en météorologie, Beaurepaire (1994) indique que le premier thermomètre centigrade a été construit en France en 1743 et que les premiers thermomètres à mercure pour la mesure thermique de l'air par les observateurs ne sont utilisés en France qu'à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle.

La BDCLIM dispose actuellement de nombreuses données du département de l'Hérault grâce à un gros travail de récupération de documents, de saisie des données et de recherche de métadonnées (renseignements sur la donnée) mené conjointement par le Centre départemental Météorologique de l'Hérault et la Direction de la Climatologie.

La BDCLIM possède la série de précipitations de Romieu débutant en 1765. Edouard Roche a effectué des recherches sur les météorologistes à Montpellier permettant de savoir qu'en 1765 Jean-Baptiste Romieu, docteur en droit, installait un pluviomètre à Montpellier (et non à Saint Brès, comme on l'a souvent dit par erreur) et que le pluviomètre de Romieu consistait en une cuvette à bords tranchants de forme cubique et d'un pied carré d'ouverture.

Pour les données plus récentes, la BDCLIM dispose de 25 séries de précipitations en 1880, 37 postes pluviométriques en 1950 et 57 postes mesurant les précipitations en 2000 dans le département. Les séries de température débutent en 1874 à l'école normale de Montpellier et en 1875 à Cette (Sète).

**Les données de température présentes en 2007 dans la BDCLIM permettent de constituer deux longues séries de température dans le département de l'Hérault : Montpellier à partir de 1874 et Sète à partir de 1894.**

### 1.7 Traitement et valorisation des séries

Les longues séries brutes météorologiques sont entachées de nombreuses hétérogénéités qui ne sont pas dues au climat.

Elles peuvent être d'ordre géographique (les points de mesures se déplacent et constituer une série revient à abouter plusieurs postes distants). En effet, pour constituer la série de Montpellier, il est nécessaire d'utiliser les données de trois sites de mesure (aboutement de 3 séries), tandis qu'il suffit d'aboutir les données de 2 postes pour créer la longue série de Sète.

Les hétérogénéités peuvent être de nature environnementale (un arbre qui pousse, un bâtiment construit à proximité de la station de mesure).

La mesure peut aussi s'arrêter un temps en raison de problèmes très divers (guerre, pluviomètre bouché).

La vie d'un poste est également émaillée de plusieurs changements d'instrumentation. Ces séries brutes sont bien souvent inexploitable en l'état. Mais elles sont néanmoins conservées précieusement, car elles sont la matière première à la constitution de séries plus élaborées.

La valorisation commence inmanquablement par le travail classique du climatologue de contrôle des données, contrôle spatial et temporel dont une phase est standardisée et systématique pour toute donnée insérée dans les bases de données climatologiques de Météo-France (BDCLIM). Si on cherche à constituer des séries de référence pour l'étude des changements climatiques, la reconstitution des données manquantes et le traitement des ruptures forment une étape incontournable.

Les méthodes d'homogénéisation actuelles permettent de détecter et de corriger les ruptures d'homogénéité au pas de temps mensuel. Les métadonnées, si difficiles à rassembler, car dispersées dans les livres, sont indispensables pour valider les corrections et déterminer avec précision les dates de ruptures.

La constitution de séries de référence puis leur étude a permis de dessiner les grands traits de l'évolution du climat en France. La température moyenne de la France a augmenté en moyenne de 0,1°C par décennie depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle. En fin de XX<sup>e</sup> siècle, le réchauffement en France s'est accéléré pour atteindre la valeur de 0,6°C par décennie sur la période 1976-2003.

La série chronologique des moyennes annuelles de la température quotidienne maximale (notée tx) à Montpellier (figure 1.3) montre une forte augmentation de la température maximale quotidienne de 0,1°C par décennie avec des valeurs toujours supérieures à la moyenne depuis 1985 (figure 1.3).

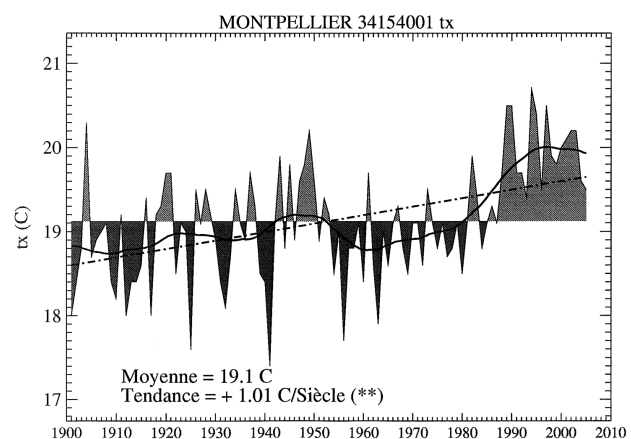


Figure 1.3 : Évolution des moyennes annuelles de la température maximale quotidienne à Montpellier 1900-2005.

### 1.8 Conclusion

Il reste de nombreuses données météorologiques à sauvegarder et les documents contenant des données climato-



logiques anciennes sont stockés dans de nombreux fonds d'archives. Les données climatiques anciennes risquent d'être perdues à cause de la détérioration de leur support : Seule leur numérisation permet de les préserver. La course contre la montre est donc engagée et chacun doit contribuer à l'action de Sauvetage des données météorologiques anciennes.

## Remerciements

L'auteur souhaite remercier ses collègues du Centre Départemental de la Météorologie de l'Hérault pour leur aide précieuse dans le domaine du sauvetage des données anciennes et ses collègues de la Direction de la Climatologie pour leur travail long et difficile de recherches de métadonnées.

## 1.9 Bibliographie

ANGOT A. (1895) — Premier catalogue des observations météorologiques faites en France depuis l'origine jusqu'en 1850 — *Annales du Bureau Central Météorologique*, mémoires tome 1, Editions Gauthier-Villars, Paris, pp. B 89.

BEAUREPAIRE M. (1994) — L'observation thermique de l'atmosphère en France et dans les pays proches aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, l'invention du thermomètre, le traitement des données anciennes — thèse de doctorat, université de Paris Sorbonne, institut d'histoire.

COTTE L. (1788) — *Mémoires sur la météorologie*, supplément au Traité de Météorologie — publié en 1774 par le P. Cotte, Imprimerie royale, Paris.

POITEVIN J. & MARTIN DE CHOISY P. (1803) — *Essai sur le climat de Montpellier* — Paris.

RAULIN V. (1872) — *Observations pluviométriques dans la France méridionale* — extraits des actes de l'Académie des sciences et des belles lettres de Bordeaux, Bordeaux.

COLLECTIF DE L'ACADÉMIE SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER (1857) — *Observations météorologiques à la faculté des Sciences de Montpellier en 1857* — Mémoires de la section des sciences, Tome 3, Montpellier.

COLLECTIF SOUS LA DIRECTION DE LA SOCIÉTÉ MÉTÉOROLOGIQUE DE FRANCE (1849-1899) — *Annuaire Météorologiques de la France*, 51 volumes.

COLLECTIF SOUS LA DIRECTION DE L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE (1871-1876) — *Bulletins mensuels météorologiques de l'association Scientifique de France*.

COLLECTIF SOUS LA DIRECTION DE MASCART E. (1878-1920) — *Annales du Bureau Central Météorologique de France*, Editions Gauthier-Villars, Paris.





## 2 Bases de données et archives des SDIS : mieux connaître les risques pour une meilleure prévision et prévention

Christian REY

Officier de sapeurs-pompiers professionnel

SDIS 26

Christian.REY@sdis26.fr

**Résumé.** — L'organisation de la sécurité civile en France, repose en majorité sur les unités de sapeurs pompiers qui assurent, avec au minimum un centre de secours par canton, un maillage extrêmement serré du territoire. Pour conduire efficacement les missions qui leur sont imparties par les lois et règlements, les Services départementaux d'incendie et de secours (SDIS) disposent d'une multitude d'informations permettant d'appréhender les risques de toute nature auxquels ils peuvent être confrontés. De même, parce qu'ils se situent au cœur de l'action opérationnelle, les centres de secours constituent une source importante de renseignements sur les risques potentiels de leurs secteurs de compétence. Mais ces informations peuvent être relativement dispersées. Dans le cadre du colloque « quelles archives aujourd'hui pour mieux prévenir les risques demain » il est apparu utile de préciser l'organisation actuelle des SDIS, leurs domaines de compétences, et d'apporter quelques précisions sur la nature des différentes « archives » susceptibles d'intéresser les chercheurs, particulièrement dans le domaine des risques d'origine naturelle.

**Mots-clés.** — bases de données, sécurité civile, Services départementaux d'incendie et de secours (SDIS), gestion des risques.

**Title.** — *Data bases and files of the SDIS: better knowledge about the risks for better forecast and prevention*

**Abstract.** — Civil safety organization in France mainly rests on fireman units who cover territory in a highly tight grid with at least one rescue center in each canton. To effectively lead the missions which are assigned to them by the laws and payments from the Departmental Services of Fire and Help (SDIS) have much information to face risk of any kind they could encounter. In the same way, because they are in the middle of action, rescue centers are an important information source about potential risks in their sectors. But this information may be quite scattered. Within the conference "which files today for better risk prevention tomorrow", it appeared useful to specify the the SDIS current organization, their domain of competences, and to bring some details about what are the various "files" which can be of interest for researchers, especially about natural risks.

**Key-words.** — data bases, civil safety, Departmental Services of Fire and Help (SDIS), risk management.

### 2.1 Les SDIS, présentation générale

Un SDIS (Service départemental d'incendie et de secours) est un établissement public qui dispose d'une autonomie morale et financière, administré par un conseil d'administration composé d'élus eux-mêmes désignés par leurs pairs au sein du conseil général et parmi les maires et présidents d'Etablissements publics de coopération inter communale. Ils sont placés sous l'autorité d'un directeur, officier supérieur, le préfet du département disposant, outre son rôle de contrôle de la légalité, d'une autorité dans le domaine de la direction opérationnelle. Pour emploi, les sapeurs pompiers sont placés sous l'autorité du maire de la commune où ils interviennent. Selon la nature de l'événement ou si celui-ci concerne plusieurs communes, la direction des opérations de secours revient au préfet.

#### 2.1.1 Les missions

Les missions sont précisées par l'article 2 de la loi 96-369 du 3 mai 1996 qui stipule : « Les services d'incendie et de secours sont chargés de la prévention, de la protection et de la lutte contre les incendies et concourent, avec les autres services et professionnels concernés à la protection et à la lutte contre les autres accidents, sinistres et catastrophes, à l'évaluation et à la prévention des risques technologiques ou naturels ainsi qu'aux secours d'urgence ».

Le même texte a par ailleurs imposé à chaque SDIS de se doter d'un S.D.A.C.R., Schéma départemental d'analyse et de couverture des risques. Ce document recense l'ensemble des risques du département par domaines. On y trouve bien sur les risques courants mais également les risques particuliers, qu'ils soient à caractère technologique ou d'origine naturelle, ainsi que le recensement des moyens adaptés pour y faire face. Ce document, validé par les différentes instances — notamment le conseil d'administration, fait l'objet d'une approbation par arrêté préfectoral.

Il est important d'avoir bien conscience de la double tutelle qui s'exerce sur le SDIS, celle des élus pour l'aspect financier, celle du préfet pour l'aspect opérationnel.

Pour conduire ces missions, chaque SDIS est organisé en bureaux — ou services, ou groupements pour employer la nouvelle terminologie — qui vont gérer un domaine de compétence particulier : affaires administratives et financières, personnel, matériel, opérations, prévision et prévention, service de santé... Au niveau opérationnel, les SDIS sont par ailleurs dotés de deux organes essentiels : le C.T.A. et le CODIS.

### 2.1.2 Les C.T.A et les CODIS, deux organes essentiels des SDIS

Le C.T.A., centre de traitement de l'alerte, a pour mission de réceptionner les alertes et d'assurer la connexion inter services lorsque nécessaire, vers le C.R.A.A. 15 (Samu) et la police ou gendarmerie pour les missions qui les impliquent, et de déclencher les premiers secours.

Le CODIS, Centre opérationnel départemental d'incendie et secours, prend ensuite le relais pour gérer l'opération jusqu'à son terme. Cette mission comprend notamment l'envoi d'éventuels renforts et surtout l'information, lorsque nécessaire, de l'autorité préfectorale et de l'État Major de la zone de défense.

Les C.T.A. réceptionnent la presque totalité des demandes d'intervention d'un département, soit directement sur les lignes 18 ou 112, soit indirectement par le système de l'interconnexion avec le 17 ou le 15 (police/gendarmerie et SAMU).

Cette gestion ne peut se concevoir qu'assistée par des moyens informatiques performants qui permettent de traiter plusieurs appels en simultané, de les analyser au travers de questionnaires méthodiques pré établis, et de déclencher les secours adaptés via une saisie directe des informations à l'écran qui génèrent l'alerte des centres et des moyens concernés.

L'ensemble des appels reçus font l'objet d'un enregistrement automatique « au fil de l'eau » doublé à celui de l'horloge parlante ce qui permet, notamment en cas d'ouverture d'une procédure judiciaire, de disposer d'un cadre chronologique fiable.

Il est nécessaire de préciser que les SDIS étant comme nous l'avons vu autonomes, ne sont pas tous équipés de matériels similaires. Selon l'activité opérationnelle du département concerné, selon sa richesse aussi, les équipements seront plus ou moins performants. C'est un point important car il explique en partie les difficultés qu'il peut y avoir, en termes de méthode, pour rechercher dans les archives.

Enfin, pour chaque opération traitée, les intervenants rédigent un C.R.S.S, compte rendu d'intervention de secours, qui entre autres renseignements, précise la nature exacte de l'intervention à l'aide d'un système de codage commun au territoire national, et élaboré par les services du ministère de l'intérieur et plus précisément de la Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles.

## 2.2 Le SDACR, schéma départemental d'analyse et de couverture des risques

Comme indiqué dans le § 1.1 le SDACR est un document extrêmement important puisqu'il va servir de socle à la politique du SDIS pour les années suivantes et avoir une incidence très significative sur son budget, que ce soit dans sa section de fonctionnement, avec les recrutements des personnels, les actions de formations, mais aussi dans la section investissement avec les constructions ou les res-

tructurations de centres, l'acquisition d'engins adaptés et performants ou encore le maintien et le développement constant des outils d'aide à la décision.

### 2.2.1. Cadre législatif et réglementaire

C'est avant tout la recherche par les pouvoirs publics d'une certaine optimisation des moyens opérationnels qui a conduit en 1996 à une profonde réforme des Services départementaux d'Incendie et de Secours incluant l'obligation pour chacun de réaliser un SDACR, Schéma Départemental d'Analyse et de Couverture des Risques.

L'article 7 de la loi du 3 mai 1996, stipule qu'« un schéma départemental d'analyse et de couverture des risques dresse l'inventaire des risques de toute nature pour la sécurité des personnes et des biens auxquels doit faire face le service départemental d'incendie et de secours dans le département et détermine les objectifs de couverture des risques par ce service. Le schéma départemental d'analyse et de couverture des risques est élaboré sous l'autorité du préfet par le service départemental d'incendie et de secours... Le schéma est révisé à l'initiative du préfet ou du conseil d'administration (du SDIS). »

Déjà le décret 88-623 du 6 mai 1988, relatif à l'organisation des services d'incendie et de secours prévoyait en son article 9 l'établissement du SDACR, mais, en l'absence de directives claires, les résultats étaient extrêmement variables d'un département à l'autre. Aussi est-il apparu nécessaire d'harmoniser les schémas au niveau du territoire national ; la Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles a conduit un important travail de conception qui aboutit en 1993 à la publication d'une circulaire précisant les méthodes, les analyses et les projets à mettre en œuvre pour élaborer, tant pour les risques courants que pour les risques particuliers, le schéma départemental d'analyse et de couverture des risques.

En novembre 1996 le département « Études et recherches » de l'Institut national d'études de la sécurité civile (aujourd'hui intégré à l'INHES Institut national des hautes études de sécurité) organisait un colloque national qui permettait aux différents participants de comparer leurs expériences afin d'harmoniser les principes d'élaboration et de présentation du document et d'aplanir les problèmes d'interprétation des circulaires de base.

Aujourd'hui toutes ces difficultés sont aplanies et beaucoup de départements ont entrepris la révision des premières versions, travail indispensable pour que les documents conservent tout leur intérêt. Nous passerons volontairement sous silence certains objectifs ainsi que toutes les informations relatives à l'analyse des risques courants et à l'analyse des risques particuliers technologiques pour ne présenter ci-après que les grandes lignes des études concernant les « risques naturels ».

### 2.2.2 L'analyse des risques particuliers dits « naturels »

C'est à partir du recensement des différents types d'accidents, sinistres et catastrophes d'origine naturelle qu'a été définie par les services de la sécurité civile une nomenclature des différents risques à prendre en compte.

Chaque SDIS a dû solliciter, par l'intermédiaire des Cellules d'analyse des risques et d'information préventive (CARIP), placées sous l'autorité des préfets, l'ensemble des administrations et organismes ressources du département pour aboutir à des inventaires des aléas potentiels puis à leur évaluation sommaire. L'objectif est de bien appréhender pour chacun sa nature exacte et son importance en termes de conséquences induites s'il venait à se produire, l'objectif final étant pour chaque SDIS de déterminer les moyens matériels et humains nécessaires pour y faire face. En l'absence de véritables références nationales d'indicateurs de risques, la mission était difficile d'autant que les données disponibles auprès des autres services n'étaient pas toujours exhaustives ni informatisées. Les données recueillies par les SDIS ont toutefois permis de dresser des historiques des différents événements et de les intégrer à la cartographie. L'évaluation de la vraisemblance de l'occurrence de chaque risque et de ses conséquences probables, en termes de mode d'agression et de niveau de gravité ont posé, on s'en doute, davantage de problèmes.

Les risques naturels pris en compte sont les inondations, les mouvements de terrain, les événements météorologiques paroxysmiques, les avalanches, les séismes, les feux de forêts. À la simple lecture de cet inventaire on peut constater que certains de ces risques particuliers sont relativement fréquents dans certains départements et que leur évaluation en termes de moyens à mettre en œuvre pour y faire face est assez bien maîtrisée par les SDIS. C'est le cas des inondations et des feux de forêts par exemple alors que les autres sont plus difficiles à appréhender. C'est à partir de ce constat que plusieurs SDIS ont fait le choix d'engager des étudiants en mesure de réaliser non seulement des inventaires de risques mais également des scénarii dimensionnants permettant une approche plus explicite des conséquences possibles, étape indispensable à l'élaboration de propositions d'adaptation des moyens matériels et de prise en compte des nécessaires formations complémentaires pour le personnel.

### 2.2.3 La conservation et l'exploitation des données

La réalisation des SDACR puis leur mise à jour ont nécessité un important travail de recherche et d'exploitation d'informations provenant d'origines très différentes puisque, comme nous l'avons vu, ont été sollicités non seulement des administrations et services publics, mais également des universités, des services d'archives, des particuliers... Pour en permettre une utilisation rationnelle, et surtout une restitution homogène dans tous les départements, la Sécurité Civile a dès l'origine du projet en 1993, doté chaque SDIS d'un logiciel spécifique. Avec le développement constant de l'informatique, les SDIS se sont depuis équipés de S.I.G. et ont recruté des techniciens, géographes de formation pour la grande majorité, capables de réaliser des cartes d'aléas et de les actualiser, l'objectif des SDIS étant de disposer en permanence d'éléments fiables permettant l'analyse des situations en période de crise et apportant une aide à la décision. Tous les documents récoltés pour l'élaboration des premiers schémas puis des différentes mises à jour, font normalement l'objet d'un archivage classique par chaque service. Le SDACR étant avant tout constitué d'une masse importante de documents techniques, des versions synthétiques, présentant sommairement tout le panel

des risques de chaque département ainsi que les différentes réponses apportées par les SDIS, ont fait l'objet d'une diffusion officielle par le biais du recueil des actes administratifs de chaque préfecture et de chaque SDIS et d'une diffusion plus large auprès de tous les autres services et organismes concernés ; on peut également accéder à ces informations sur les sites internet des préfectures et des SDIS.

## 2.3 Les C.R.S.S.

Dans la théorie, chaque intervention des sapeurs pompiers se traduit par la rédaction d'un C.R.S.S. compte rendu de sortie de secours, rédigé par les intervenants et vérifié par la hiérarchie. Il existe un modèle standard de compte-rendu, diffusé par les services de la Sécurité Civile. Ce document comprend sept zones :

1. identification : centre de secours concerné, n° d'opération, adresse de l'intervention ;
2. Chronologie : date de la sortie, heure d'alerte, de départ, d'arrivée sur les lieux et de retour au centre ;
3. intervention : raison de la sortie, lieux, actions menées, causes, facteur responsable, élément à l'origine, éléments impliqués... ;
4. victimes : identité, codification des lésions... ;
5. moyens engagés en personnel et en matériels ;
6. sinistré : nom, raison sociale, adresse, tant du sinistré que du propriétaire ;
7. compte rendu succinct.

Trois zones sont particulièrement intéressantes, l'identification et la chronologie des opérations bien sûr qui, dans le cadre d'études sur le développement spatio-temporel d'un événement apportent des indications essentielles, mais surtout la zone « intervention » renseignée avec des codes qui permettent une approche assez fine des raisons de sorties et de leurs origines.

Regardons en détails la nomenclature nationale et plus particulièrement le chapitre 6 relatif aux opérations diverses où nous trouvons sous la rubrique « protection des biens » les types d'interventions suivants :

- 631 assèchement de locaux
- 633 bâchage de toiture
- 634 bâchage de protection
- 639 autre

Et sous la rubrique « obstruction de voies de communication » :

- 641 effondrement, glissement de terrain
- 642 neige et eau
- 643 par un objet
- 649 autre

Un tel découpage est également prévu pour tous les autres types d'opérations auxquelles ont à faire face les sapeurs pompiers. Il paraît intéressant de donner un autre exemple, celui de la classification des feux de l'espace péri-urbain qui comprend :

- 131 feu de broussailles
- 132 feu de massif inférieur à 1 ha
- 133 feu de récolte et chaumes
- 134 feu de dépôt d'ordures
- 135 feu de décharges
- 139 autre

La rubrique « Lieux » est également détaillée : nous ne prendrons que deux exemples, les routes et les forêts :

- 5101 autoroute
- 5102 route nationale
- 5103 route départementale
- 5199 autre
- 5501 forêt
- 5502 landes, maquis, garrigues
- 5599 autres

Les lieux peuvent être au besoin précisés, pour les routes par exemple on fera la distinction entre :

- 601 en agglomération
- 602 hors agglomération
- 609 autre

Les actions conduites par les pompiers peuvent apporter des précisions utiles, ainsi il est fait la distinction entre 516 « épuisement » et 517 « assèchement ».

Les causes sont quand à elles répertoriées en quatre grandes familles : les facteurs humains, les défaillances de matériels, les facteurs responsables divers et surtout les catastrophes et phénomènes naturels qui méritent d'être détaillés :

- 211 tremblements de terre
- 212 raz de marée
- 213 éruption de volcan
- 214 avalanche
- 215 ouragan
- 216 tempête
- 217 cyclone
- 218 orage ou pluie
- 221 crue
- 223 chaleur ou sécheresse
- 224 froid
- 225 foudre
- 226 chaleur solaire directe
- 227 chaleur solaire à travers un objet faisant loupe
- 299 autres catastrophes et phénomènes naturels

On se rend tout de suite compte que la nomenclature, étant nationale, prévoit certains risques qui intéressent essentiellement les DOM et les TOM, et que les codes 226 et 227 sont surtout utilisés dans le cadre des incendies.

La zone de compte-rendu, si elle est correctement renseignée, peut apporter certains éléments tels que la surface ou le volume concerné, la hauteur d'eau, les conditions particulières, l'implication d'autres services publics...

Il paraît évident que si toutes ces données étaient renseignées pour l'ensemble des opérations conduites par les SDIS, et traitées dans une base commune, nous disposerions d'éléments concrets susceptibles d'orienter les choix des politiques de prévention notamment (voir ci-après § 10) ; mais il faut constater qu'au niveau national la rédaction méthodique de ces comptes-rendus d'intervention a tendance à disparaître et ce pour plusieurs raisons. La première est que la généralisation des C.T.A. et des CODIS permet de disposer, sous une forme on le verra assez différente, des statistiques d'intervention, la deuxième est que ces comptes-rendus ont maintenant pour principal objectif de servir de base au paiement des vacations des sapeurs pompiers volontaires pour les départements qui ne disposent pas encore d'un système informatique généralisé à

l'ensemble des centres de secours. Revenons sur le premier point. Comme nous l'avons vu dans le § 1, les SDIS sont autonomes et choisissent chacun les systèmes informatiques de traitement de l'alerte. Cela signifie en clair qu'il existe des différences considérables d'un département à l'autre, que ce soit au niveau purement technologique mais également dans l'approche. Globalement on se rend compte que la nomenclature employée dans la rédaction des comptes rendus, n'est pas adaptée à une utilisation rapide dans le cadre opérationnel. À partir de ce constat, beaucoup de département ont choisi de simplifier les « motifs d'interventions » en créant leurs propres catégories auxquelles ont été associées des moyens types, engagés de façon systématique. Illustrons par un exemple. La nomenclature « secours à personnes » qui distingue les secours en milieu aquatique, en montagne, les autres accidents, les intoxications, malaises et divers, soit 6 grandes familles incluant 29 types différents d'interventions peut être considérablement réduite par les choix locaux qui ne vont plus distinguer que les « prompts secours » c'est-à-dire les détresses vitales, les malaises, et les carences (interventions confiées aux sapeurs pompiers par carence des autres services, ambulanciers notamment). Dans ces conditions, il devient difficile d'avoir une approche globale et synthétique de la diversité opérationnelle. Enfin, plusieurs départements ont pris l'habitude, lors d'événements météorologiques générant un grand nombre de sorties de secours, de créer une catégorie intitulée « opérations multiples » qui permet de rentrer les données relatives au personnel employé, mais aucune précision sur les missions que l'on ne peut retrouver que par l'étude des opérations engagées par le C.T.A.

## 2.4 Les sources visuelles

Les sapeurs pompiers ont depuis fort longtemps compris tout le profit qu'ils pouvaient tirer d'une bonne utilisation des images, ne serait-ce que pour la réalisation des traditionnels calendriers des centres de secours, certaines grandes unités, brigade des sapeurs pompiers de Paris ou bataillon des marins pompiers de Marseille disposant même de services spécialisés dans la couverture photo-vidéo des événements qu'ils ont à traiter tant pour disposer d'images nécessaires à illustrer les différentes formations, que pour communiquer tous azimuts. La récente généralisation, à coût très abordable, des appareils photos numériques a conduit bon nombre de casernes à s'équiper. Mais là encore, il faut attirer l'attention sur le fait que les images ou films réalisés ne sont pas toujours ni renseignés (de quoi s'agit-il ? où ? quand ?) ni même archivés de façon méthodique ce qui est regrettable, car des images prises sur le vif, lors des interventions liées aux événements météorologiques paroxysmiques seraient pour les chercheurs d'une grande utilité pour comprendre l'importance du phénomène et ses conséquences sur les biens.

## 2.5 La presse régionale et professionnelle

Les journaux locaux et régionaux, parce qu'ils relatent au quotidien les informations marquantes d'une ville ou d'une



région peuvent aussi constituer une source de documentation intéressante. Les articles relatant souvent le nombre d'interventions traitées, les différents centres engagés, sont illustrés par des photographies qui peuvent orienter le chercheur vers les intervenants.

Il existe par ailleurs une multitude de revues spécialisées dans le domaine de la sécurité et des risques. Dans le cadre de notre article nous nous limiterons à signaler la revue mensuelle « le sapeur pompier » éditée par la fédération nationale des sapeurs pompiers, qui propose assez régulièrement des comptes-rendus d'interventions particulières, dont certaines relatives à la thématiques des risques d'origine naturelle, et à indiquer que dans la quasi-totalité des départements, les unions de sapeurs pompiers diffusent une revue annuelle qui, outre le traitement des informations à caractère associatif, relatent assez souvent des interventions particulières.

## 2.6 La base Prométhée

Nous serions incomplets si nous ne signalions pas l'existence d'une base de données spécifique relative aux feux de forêts et aux incendies de l'espace périurbain. Il s'agit de la base *Prométhée*. Confrontée dans les années 1970 à un nombre très important de feux de forêts de grande ampleur dans le sud de la France, la Sécurité Civile a fait le constat que pour bien lutter et mettre en place une stratégie nationale de lutte, il était nécessaire de bien connaître le problème d'autant qu'en France la lutte contre les incendies de forêts et leur prévention dépendent de plusieurs ministères ou organismes publics et privés. La base de données a été créée en 1973, gérée par le Centre inter régional de la Sécurité Civile basé au château de Valabre à Gardanne dans les Bouches du Rhône. Depuis, les quinze départements du sud-est de la France l'alimentent en continu. Cette base permet d'établir des statistiques tant sur le nombre d'incendies que sur les surfaces parcourues, sur les jours et les heures, les origines. Cette base est accessible sur le net [www.promethee.fr](http://www.promethee.fr). Elle constitue un excellent exemple de l'intérêt d'assurer la centralisation, l'archivage et la consultation par tous les publics concernés des informations.

## 2.7 Les REX, retours d'expériences : la nécessaire capitalisation de l'expérience et ses limites

Pour toute opération significative ainsi que pour les opérations multiples liées à un phénomène météorologique paroxysmique ou à un aléa naturel il est particulièrement important de conserver la mémoire, c'est-à-dire de collecter de façon méthodique l'ensemble des informations disponibles qu'elles soient d'ordre organisationnel (analyse du risque, cadre d'ordre...) ou factuel (données techniques, conditions climatiques, déroulement chronologique des opérations etc.) afin d'établir des REX qui doivent avoir pour objectifs principaux la centralisation et l'analyse des données puis la diffusion des enseignements tirés de l'analyse. Or il a été constaté dans de très nombreux cas que la

phase de recueil des informations posait systématiquement problème dans la mesure où les acteurs-gestionnaires de la phase événementielle occupés à la gestion immédiate des situations ne prenaient pas la peine ou ne disposaient pas du temps nécessaire à la « mémorisation » sous une forme ou une autre des séquences importantes de l'événement et des processus d'analyse qui ont conduit à des prises de décision. Pour pallier ce problème il est nécessaire d'utiliser des techniques précises qui vont de l'utilisation de moyens matériels tels que les enregistreurs automatiques des données factuelles jusqu'à l'utilisation par les décideurs en situation de crise de procédures réflexes permettant une analyse en temps réel de tous les aspects d'un problème. Ces méthodes existent depuis maintenant plusieurs années dans le monde des sapeurs pompiers et sont en constante évolution. Toutes s'inspirent d'un constat initial simple : chaque situation opérationnelle comprend plusieurs phases. Nous appellerons S1 la situation initiale qui dans un premier temps va être perçue par les intervenants avant d'être analysée. La phase d'analyse doit générer des directives (ordres) qui se transforment en actions. Il convient alors de vérifier si les différentes actions ont ou non les effets escomptés. Nous nous trouvons alors dans une nouvelle situation que nous appellerons S2 à partir de laquelle il faut reprendre les différentes phases évoquées jusqu'à la résolution complète du problème. Le fait qu'en France les officiers de sapeurs pompiers soient civilement responsables et puissent donc subir des conséquences judiciaires pour des actes accomplis dans l'exercice de leurs missions a joué un rôle essentiel dans la détermination de procédures rigoureuses applicables à tous les échelons du commandement ce qui paradoxalement induit une grande prudence dans la communication dans la mesure où l'évolution actuelle de la société tend à la recherche systématique de responsables voire de coupables pour un grand nombre d'événements, y compris d'origine naturelle, qui ont entraîné des dommages matériels ou/et humains.

## 2.8 De l'intérêt d'une analyse fine des statistiques d'interventions

Au travers de cette présentation sommaire du fonctionnement des SDIS, il apparaît que chacun dispose d'un SDACR, comprenant une analyse des risques associée à une cartographie des zones sensibles, et d'autre part de toutes les informations opérationnelles du département.

Il est donc évident que si ces informations étaient méthodiquement exploitées elles pourraient contribuer à mieux connaître les différents risques, leur localisation, les modes d'agression, leur probabilité d'occurrence en fonction du mécanisme déclencheur etc. Cela suppose toutefois qu'une politique nationale de recueil et d'exploitation des données soit mise en œuvre de la même manière que cela existe déjà, comme nous l'avons vu, pour les incendies de forêts et d'espaces périurbains au travers de la base Prométhée. Pour illustrer notre propos, prenons trois exemples concrets :

### 2.8.1 Mouvements de terrain dans le Haut-Diois (Drôme) en janvier 1994

Début janvier 1994 un important épisode pluvieux a affecté les Préalpes du Sud et particulièrement le Haut Diois ou

plusieurs stations automatiques ont enregistré des cumuls de plus de 200 mm en 48 h entraînant une fonte rapide du manteau neigeux, une crue importante de la rivière Drôme et de ses affluents, des inondations de sous-sols ainsi que quelques coulées de boues parfois importantes affectant le réseau routier principal et secondaire. Au deuxième jour de l'épisode il a été constaté des dommages importants sur toutes les routes jouxtant des cours d'eau. Entre le 3<sup>e</sup> et le 5<sup>e</sup> jour des dizaines de mouvements de terrain se sont déclenchés d'un volume variant de quelques mètres cubes à plusieurs millions, isolant plusieurs villages et hameaux, nécessitant l'évacuation de plusieurs hameaux directement menacés, altérant la circulation sur la ligne de chemin de fer... Pour faire face à cette situation une cellule d'investigation a été mise en place comprenant un géologue du service RTM, un ingénieur ONF et un officier de sapeurs pompiers avec mise à disposition d'un hélicoptère de la Sécurité Civile. Ainsi il a été possible d'identifier très rapidement l'ensemble des problèmes (dommages aux réseaux, habitations menacées etc.), de rendre compte en temps réel à l'autorité préfectorale en proposant les mesures d'urgences adéquates (évacuations...) et de cartographier sommairement les événements au fur et à mesure qu'ils se produisaient.

Les données ainsi recueillies ont permis d'alimenter les bases de données des différents services en charge de l'aménagement du territoire et sont régulièrement utilisées que ce soit dans l'élaboration des PLU ou des PPR pour ne prendre que deux exemples. Cet épisode a été étudié par F. Leone dans sa thèse sur le « concept de vulnérabilité appliqué aux mouvements de terrain » soutenue en 1996.

## 2.8.2 Orage dans la vallée de la Drôme en avril 1996

Le 9 avril 1996 la station météorologique départementale de Montélimar adressa à 16 h un bulletin spécial d'alerte aux autorités départementales, les données transmises par l'ensemble des stations automatiques permettant de prévoir le déclenchement à très court terme d'un épisode orageux exceptionnel. En une demi-heure l'ensemble des Centres de Secours de la vallée de la Drôme était informé de l'imminence de l'événement et prenait des dispositions pour faire rentrer en caserne tous les personnels disponibles. À 17 h l'orage se déclenchait qui localement se transformait en tornade. Les très nombreux appels reçus par le standard du 18 ont permis de suivre le développement de cet orage à la fois dans l'espace et dans le temps et d'apprécier également la nature des différents dommages recensés tels que : chute d'arbres sur la voie publique, cheminées écroulées, toitures endommagées, câbles électriques sur la voie publique, inondations de chaussées ou de bâtiments, etc. Le lendemain plusieurs clichés photographiques ont été réalisés sur l'ensemble du territoire concerné tandis qu'un recensement sommaire des dégâts était effectué auprès des mairies et des différents services publics. Cet épisode caractéristique qui permettait entre autre de bien comprendre l'interaction du vent et du relief a été exploité par l'Institut de Géographie Alpine (université Joseph-Fourrier Grenoble) dans le cadre de stages terrain des étudiants de Licence. Au niveau du S.D.I.S. de la Drôme des conclusions ont été tirées au niveau opérationnel et les constations effectuées par les intervenants ont permis d'étayer la demande de classement de cet épisode en « catastrophe naturelle ».

## 2.8.3 Incendies de forêts dans les massifs du Diois (Drôme) en été 2003

L'été 2003 a été marqué partout en France par la canicule et, dans tous les départements du sud-est, par une sécheresse exceptionnelle. Dans les massifs du Diois un nombre très important de feux de forêts ont été recensés, qui à plus de 90 % avaient pour origine des coups de foudre. Cette situation s'est poursuivie sur 3 mois, du 15 juin au 15 septembre. Elle fut très riche en enseignements puisqu'elle a permis de constater sur une longue période la pertinence du risque d'incendie appréciée journalièrement par les services spécialisés de Météo France, de confirmer la sensibilité particulière de certains massifs aux « coups de foudre », d'établir un grand nombre de REX mettant en évidence sur un nombre significatif de feux le processus de développement (déclenchement immédiat d'un incendie ou délai de latence entre le coup de foudre et le déclenchement réel du sinistre) et l'influence de tous les facteurs (heure, exposition, altitude, nature de la végétation, type de relief, etc.). Ces études ont eu des conséquences très pratiques — et très rapides aussi — puisque dès l'année suivante et jusqu'en 2007 les zones concernées par ces événements ont fait l'objet de plusieurs aménagements : amélioration de certaines pistes forestières classées structurantes, implantation dans le massif de plusieurs citernes de 30 m<sup>3</sup>, mise en place de dispositifs particuliers de surveillance, information des élus et des populations sur la prévention des incendies végétation, campagne d'incitation au débroussaillage systématique sur plusieurs communes très sensibles, aménagement de « coupures vertes » dans certains secteurs pérennisés par des conventions passées avec les organisations pastorales, etc.

## 2.9 Des archives difficilement exploitables

Les situations peuvent être très variables d'un département à l'autre mais globalement les informations détenues par les SDIS demeurent difficilement accessibles pour plusieurs raisons :

- La double tutelle : l'élu président le conseil d'administration du SDIS (conseiller général ou maire) n'a pas forcément la même vision des événements que le préfet, représentant de l'Etat. Cette différence d'appréciation se traduit par une sensibilité particulière sur certains thèmes tels que les inondations, l'enjeu principal étant la politique d'aménagement du territoire. Certains projets soutenus par les collectivités locales peuvent se voir opposer par l'autorité préfectorale le « principe de précaution ». Cette évolution relativement récente qui peut générer des situations « conflictuelles » est en grande partie liée aux conséquences dramatiques d'événements récents, que ce soit la crue torrentielle du Grand-Bornand le 14 juillet 1987, la catastrophe de Vaison-la-Romaine le 22 septembre 1992 ou celle de Nîmes le 3 octobre 1988, pour ne citer que quelques exemples.
- Le manque d'uniformité au niveau des matériels et des logiciels en service dans les SDIS. Ces derniers, établissements publics autonomes, ne collectent pas les données d'une façon similaire. Tous les départements n'ont pas la même perception des risques naturels selon qu'ils

sont plus ou moins exposés en fonction de leur relief et de leur météorologie particulière, de la densité de la population et de la structuration de leur espace, ce qui explique également certaines différences dans le traitement des données.

- Le respect des lois et textes réglementaires, notamment les dispositions de la CNIL. Les informations détenues comportent des données nominatives : nom des requérants, des victimes, des propriétaires des biens concernés ; informations à caractère médical relatives aux personnes blessées. La loi française réglementant de façon stricte la constitution et l'utilisation des fichiers, les données doivent être présentées aux demandeurs sous forme statistiques, en excluant les données permettant une identification. Cela suppose un travail important de mise en forme qui génère un coût qui peut s'avérer important, contribuant ainsi à la limitation de l'accès aux informations.
- Les impacts financiers subis par les requérants et les relations qu'ils peuvent avoir avec les sociétés d'assurances. Le sentiment assez général de la population est qu'en cas de sinistre lié à un aléa naturel et plus particulièrement aux événements météorologiques paroxysmiques, les assurances remboursent « assez mal » les dégâts occasionnés. Cette notion n'est pas entièrement infondée si l'on considère qu'une « vétusté » est systématiquement appliquée par les compagnies aux biens sinistrés. Ce constat provoque chez les assurés/victimes, un sentiment de défiance vis-à-vis des assureurs et de leurs experts. Cette perception de la population est également ressentie par les élus qui vont chercher à obtenir des autorités le classement d'incidents parfois relativement mineurs en « catastrophe naturelle ». Les relations assurés-assureurs se traduisant essentiellement par des impacts financiers, toute communication sur les origines, le développement, les éventuelles circonstances aggravantes d'événements deviennent dès lors « sujet sensible » pouvant également aboutir à des procédures judiciaires de recherche de responsabilité ce qui se traduit par un verrouillage de la communication par les autorités de tutelle.

## 2.10 Conclusion

Les archives des SDIS parce qu'elles peuvent permettre de détailler l'évolution des phénomènes météorologiques paroxysmiques à l'échelle d'un département, à la fois dans l'espace et dans le temps et dans la nature des conséquences induites, pourraient contribuer, sous réserve d'un croisement avec les informations disponibles auprès des autres services publics et administrations et à condition que le nombre d'événements observés soit significatif, à améliorer les mesures de prévention des risques et d'information préventive des populations. Pour parvenir à un tel résultat il serait nécessaire d'uniformiser les pratiques au niveau national tant dans le domaine des procédures de recueil que de traitement des informations et de mettre en place, au sein de chaque département, dans le cadre de la CARIP, un groupe de travail pluridisciplinaire incluant des représentants des différents services opérationnels, des représentants des administrations et services concernés ainsi que des universitaires, chargé, après chaque épisode météorologique paroxysmique et dans des délais relativement courts, de collecter les données, de les trier et de les exploiter afin de mettre en évidence la pertinence des études initiales et des mesures de prévention qu'elles avaient générées et de proposer, le cas échéant, les améliorations nécessaires. Une autre piste doit être évoquée (cf. § 2.3) : la constitution à l'échelon de chaque région administrative d'une base de données de type « Prométhée » (cf. § 2.6) permettant de recueillir de façon exhaustive et obligatoire auprès de tous les services concernés, de façon directe ou indirecte, toutes les données relatives aux sinistres ayant une origine naturelle. La mise en place d'une telle infrastructure n'est toutefois concevable que si elle est prescrite par un texte législatif et si le suivi est assuré par un ministère ; celui de l'Environnement en charge de la gestion des risques naturels paraît tout désigné. Encore faudrait-il que les décideurs, représentants des administrations centrales et élus soient d'accord pour ouvrir sans tabou un tel dossier qui, (à un terme que l'on ne peut définir puisque influencé par des conditions météorologiques subies et variables d'une année à l'autre), permettrait de disposer d'informations homogènes aux échelons national, régional et local et donc d'en tirer de réelles conclusions essentiellement en termes d'aménagements des espaces.





## Partie 2

### Apport des recherches historiques pour la mémoire et la connaissance des risques



Cette partie, à travers des exemples extrêmement divers (éruptions volcaniques, inondations, érosion côtière) et localisés dans des régions du monde très différentes (Philippines, Gabon, France méditerranéenne) souligne l'apport des recherches historiques pour la mémoire et la connaissance des risques à plusieurs échelles de temps et d'espace. Les archives ne sont pas seulement utiles pour améliorer la connaissance des aléas : intégrées à une analyse historique critique et à des problématiques géographiques, ces informations (parfois orales, longtemps méconnues ou sous estimées) permettent une remise en perspective des événements catastrophiques. Il est alors possible de replacer l'événement catastrophique et sa gestion dans son contexte sociétal. Cela peut conduire à une remise en cause des pratiques de prévention actuelle et à de nouvelles pistes de réflexion pour gérer les risques dans l'avenir et mieux aménager les territoires.



### 3 De l'utilité des légendes et toponymes dans la reconstruction et l'anticipation de catastrophes : le cas du Mont Pinatubo aux Philippines

Jean-Christophe GAILLARD

UMR 5194 Pacte CNRS

Université Joseph Fourier – Grenoble I

14 bis Avenue Marie Reynoard, 38100 Grenoble, France.

jean-christophe.gaillard@ujf-grenoble.fr

**Résumé.** — Les légendes et les toponymes ont permis d'affiner une reconstruction géo-archéologique de l'éruption du Mont Pinatubo entre 800 et 500 BP. Une légende confirme ainsi que le volcan a connu une éruption plinienne majeure matérialisée par de violents séismes, des chutes de cendres, des coulées pyroclastiques, des lahars et la formation d'une caldeira sommitale. Le terme « Pinatubo » renforce l'hypothèse qu'un dôme de lave s'est très probablement formé au sein du cratère. Il est probable qu'une partie de ce dôme se soit effondrée sur le versant sud-ouest du volcan, ensevelissant ainsi des villages dont le nom est révélateur. Lorsque confrontés aux premières chroniques des colons espagnols, les toponymes confortent la théorie d'une possible redistribution de la population vers de nouvelles terres côtières remblayées par des dépôts de lahars. Les légendes suggèrent enfin les groupes ethniques affectés par la catastrophe. Les phénomènes géologiques et les comportements humains mis à jour pour les événements de 800-500 BP se sont pour beaucoup reproduits lors de l'éruption de 1991.

**Mots-clés.** — Éruption volcanique, catastrophe, légende, toponyme, Mont Pinatubo, Philippines.

**Title.** — *On the use of legends and toponyms in the reconstruction and anticipation of disasters: The case of Mount Pinatubo in the Philippines*

**Abstract.** — Legends and toponyms enabled to refine a geo-archeological reconstruction of the 800-500 yr BP eruptive period of Mount Pinatubo. A legend confirms that this episode started with a plinian eruption characterized by powerful earthquakes, ashfall, pyroclastic flows, lahars and the formation of a caldera. The word "Pinatubo" supports the hypothesis that a lava dome most probably grew inside the crater. It is likely that part of this dome eventually collapsed on the southwestern quadrant of the volcano and buried some villages which names are good evidences of this event. The study of toponyms and early Spanish colonial chronicles further feeds the theory of a post-disaster redistribution of the population towards lands reclaimed on the sea by lahar deposition. Legends finally suggest the ethnic groups which were affected by the eruption. Geological phenomena and human behaviors revealed for the 800-500 yr BP events occurred again during the 1991 eruption of the volcano.

**Key-words.** — Volcanic eruption, disaster, legend, toponym, Mount Pinatubo, Philippines.

#### 3.1 Introduction

L'utilité des légendes et des toponymes dans la reconstruction d'événements volcaniques anciens est largement reconnue. Nombre d'études ont permis de reconstruire des catastrophes préhistoriques à partir du croisement de données géologiques, archéologiques et folkloriques en Amérique du Nord (e.g. Moodie et al., 1992), en Europe (e.g. Friedrich, 2000) et dans le Pacifique (e.g. Blong, 1982 ; Taylor, 1995 ; Cronin et Neall, 2000 ; Pettersson et al., 2003 ; Cronin et al., 2004). Si les seules légendes et toponymes ne permettent pas de détailler des processus éruptifs, elles viennent bien souvent confirmer ou valider des hypothèses suggérées par les recherches géologiques et archéologiques. Ces témoignages renforcent également la connaissance de l'impact social des éruptions volcaniques. Les légendes et les toponymes se sont avérés très utiles pour reconstruire la catastrophe associée à la dernière période éruptive précoloniale du Mont Pinatubo aux Philippines entre 800 et 500 BP.

Le Mont Pinatubo est situé sur l'île de Luçon, au nord de l'archipel philippin (figure 3.1). Il est surtout connu pour son réveil brutal et violent en 1991 (Newhall et Punongbayan, 1996 ; Leone et Gaillard, 1999). Auparavant, la dernière éruption s'était produite en 476 BP (échantillon WW-111), soit avant l'arrivée des colons espagnols aux Philippines en 1521. La datation complémentaire de dépôts de lahars (coulées de débris et de boues volcaniques) provenant des bassins des rivières drainant le volcan laisse toutefois à penser que l'éruption de 476 BP était la dernière d'une longue phase d'activité qui aurait débuté aux alentours de 800 BP (échantillon WW-31) (Newhall et al., 1996). Cette période éruptive a été baptisée « Buag », du nom du village de San Marcelino (province de Zambales) d'où proviennent les échantillons de charbon ayant servi à dater l'événement terminal.

Des travaux récents (Gaillard et al., 2007) ont permis de reconstruire le dynamisme éruptif de l'épisode éruptif Buag. Ces travaux se sont appuyés sur des études géologiques (Delfin, 1983 & 1984 ; Delfin et al., 1996 ; Newhall et al., 1996) et archéologiques (Gaillard et al., 2004, 2005). Ils ont permis de distinguer trois phases éruptives distinctes : 1/ une éruption initiale de type plinienne accompagnée de chutes de cendres, de coulées pyroclastiques et de lahars dans les pourtours immédiats du volcan ; 2/ l'extrusion et la croissance du dôme de lave qui formait le sommet du volcan au moment de l'éruption de 1991 ; 3/ l'effondrement d'une partie de ce dôme qui contribua au com-

blement de la vallée de la rivière Marella localisée sur le versant sud-ouest du volcan. D'un point de vue géologique, ces trois phases peuvent être considérées comme contemporaines mais l'éruption plinienne initiale a pu précéder les deux phases suivantes de plusieurs années ou décennies voire d'un ou deux siècles.

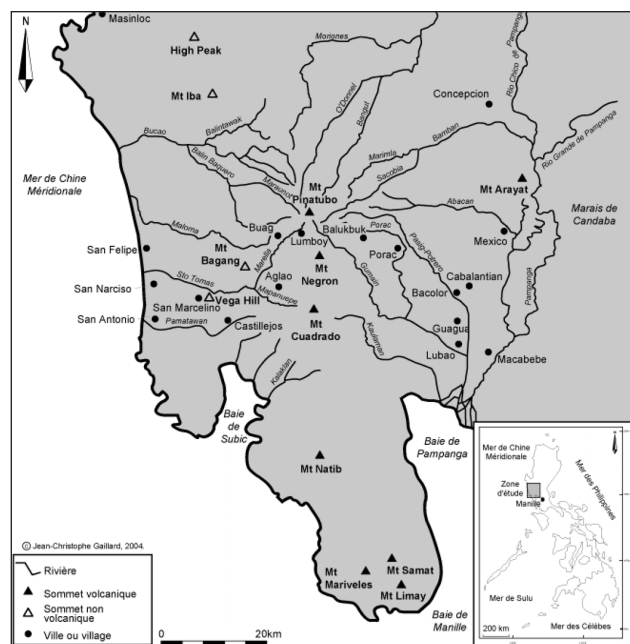


Fig. 3.1 Localisation du Mont Pinatubo et de la zone d'étude.

Les légendes et les toponymes mais aussi les premiers témoignages historiques viennent conforter notre connaissance des phénomènes volcaniques associés à la période éruptive *Buag* et permettent d'apprécier l'impact social et économique de la catastrophe. La première partie de cet article permettra de détailler les phénomènes éruptifs. La seconde partie sera consacrée aux lahars et à leur impact environnemental. La troisième partie envisagera les hypothèses concernant l'impact anthropique de la catastrophe. La conclusion sera dédiée aux perspectives offertes par la reconstruction de l'épisode éruptif *Buag* en matière d'anticipation d'événements futurs.

## 3.2 Les phénomènes volcaniques associés à la période éruptive *Buag*

### 3.2.1 L'éruption plinienne initiale

Au regard des recherches géologiques menées aux alentours du Mont Pinatubo, la période éruptive *Buag* s'est très probablement ouverte par une éruption de type plinienne (Gaillard et al., 2007). Celle-ci éjecta une colonne éruptive verticale qui répandit des cendres dans un large périmètre autour du volcan. De petites, mais sans doute nombreuses, coulées pyroclastiques, accompagnèrent l'éruption et déposèrent d'épais matériaux volcaniques sur les pentes du Mont Pinatubo. La phase plinienne de l'éruption

conduisit également à la formation d'une caldeira au sommet du volcan. Ces événements n'ont encore pu être datés avec certitude. Cependant, il est très probable qu'ils se sont produits bien avant l'arrivée des Espagnols dans la région du Mont Pinatubo en 1571 car aucune chronique coloniale ne fait allusion à une mémoire locale de la catastrophe. L'occurrence de lahars dès 800 BP vient confirmer cette hypothèse.

Le témoignage le plus vivace de cet événement est une légende des communautés pygmées et autochtones aetas qui peuplent aujourd'hui encore les flancs du volcan. Elle est baptisée « L'origine du volcan Pinatubo » (*The origin of Pinatubo volcano*) (Rodriguez, 1918). L'histoire met en scène deux esprits surnaturels baptisés *Blit* et *Aglao* qui combattent une méchante tortue nommée *Bacobaco*. Un des paragraphes décrit l'éruption du Mont Pinatubo comme suit : « He climbed the Mount Pinatubo in exactly twenty-one tremendous leaps. When had he reached the top, he at once began to dig a big hole into the mountain. Bit pieces of rock, mud, dust, and other things began to fall in the showers all around the mountain. During all the while, he howled and howled so loudly that the earth shook under the foot of *Blit*, *Aglao*, and his hosts. The fire that escaped from his mouth became so thick and so hot that the pursuing party had to run » (Il escalada le Mont Pinatubo en exactement vingt et un bonds. Quand il eut atteint le sommet, il commença à creuser un gros trou dans la montagne. Des morceaux de roches, de la boue et de la poussière ainsi que d'autres matériaux commencèrent à tomber du ciel autour de la montagne. Il hurlait et hurlait alors si fort que la terre trembla sous les pieds de *Blit*, *Aglao* et ses hôtes. Le feu qui jaillissait de sa bouche devint si épais et si chaud que la poursuite tourna court). Ces quelques lignes décrivent de façon assez réaliste les phénomènes qui ont accompagné l'épisode éruptif *Buag*, notamment des chutes de tephra, des lahars et des séismes associés. Un autre passage nous confirme la formation d'une caldeira : « On the summit of the Pinatubo was the great hole, through which *Bacobaco* had passed, and from which smoke could be seen constantly coming out (Au sommet du Pinatubo se trouvait un grand trou par lequel était passé *Bacobaco*, et où l'on pouvait voir de la fumée s'échapper de manière constante) ».

D'autres légendes font également référence à une éruption plinienne. Les Sambals, qui occupent aujourd'hui la plaine côtière de la province de Zambales à l'ouest du Mont Pinatubo, racontent qu'un magicien aurait planté une pierre en guise de graine. Les habitants des alentours ont ensuite vu pousser une montagne à l'endroit où la pierre avait été plantée. La suite de l'histoire est décrite comme suit : « the magician neglected to check the rapid growth of the Pinatubo (planted) mountain that grew to such proportion that it destroyed the regions surrounding it. The whole plain was soon covered with rocky outcroppings (...) » (Santos, 1979). Cette catastrophe aurait eu lieu à Masinloc, soit à 40 km au nord ouest du Mont Pinatubo, avant que, toujours selon la légende, la montagne ne soit déplacée à son emplacement actuel, laissant une large et profonde excavation à l'endroit où la pierre avait été plantée.

Les Kapampangans, établis sur les piémonts orientaux du volcan, possèdent une légende baptisée « *Légende de Sinukuan* ». Le Mont Pinatubo y combat son opposant topographique direct, le Mont Arayat, qui trône au centre de la plaine centrale de Luçon. Au cours de leur bataille, les deux montagnes tantôt décrites comme des géants ou des frères ennemis, se lancent des rochers. L'un des blocs aurait même décapité le cône sommital, autrefois parfait, du Mont Arayat. Le combat aurait duré plusieurs jours avant que le calme ne revienne pour plusieurs siècles (Galang, 1940 ; Castillo, 1918 ; David, 1918 ; Nicdao, 1918a, b ; Quizon, 1918 ; Hilario-Lacson, 1984). Il est également intéressant de noter que suite à cet événement, les Kapampangans ont baptisé le Mont Pinatubo « *Apung Punsalan* », littéralement le « *seigneur du mal* ». L'épisode du combat entre les deux montagnes témoigne sans aucun doute de phénomènes volcaniques. Par contre la simultanéité des éruptions des Monts Arayat et Pinatubo est beaucoup plus délicate à justifier car il est admis que la dernière éruption du Mont Arayat s'est produite il y a plusieurs dizaines, voire centaines de milliers d'années, entre 530 000 et 600 000 ans BP (Bau, 1989).

### 3.2.2 La croissance du dôme de lave

Les indices géologiques laissent à penser qu'un dôme andésitique de 2 km de large combla la caldeira sommitale créée au moment de l'éruption plinienne initiale (Gaillard, 2007). Ce dôme aux pentes abruptes constituait le sommet du volcan au moment de l'éruption de 1991 (figure 3.2). La croissance du dôme apparaît dans le terme '*Pinatubo*' qui signifie littéralement '*fait grandir*' dans les langues aeta et sambal. Il est en effet probable que la croissance de ce dôme ait été observée par les communautés voisines, notamment les populations aetas. La croissance d'un tel dôme n'a sans doute nécessité que quelques années ou dizaines d'années maximum. On peut donc en déduire que le Mont Pinatubo tient son nom de la '*montagne qui grandit*'.

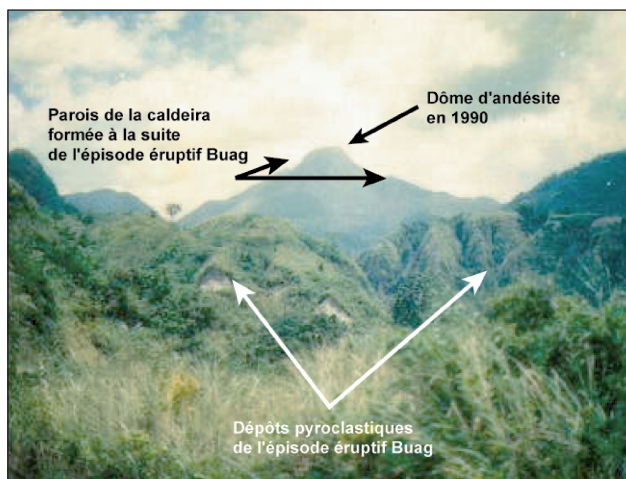


Fig. 3.2 Vue du Mont Pinatubo sur son versant oriental en 1990 (cliché Luminoso H. Dizon)

### 3.2.3 L'effondrement partiel du dôme et l'ensevelissement du village de Buag

Les études géologiques menées autour du Mont Pinatubo ont montré qu'une partie du dôme de lave formé au sein

de la caldeira s'est effondré (Gaillard et al., 2007). Cet événement généra des coulées pyroclastiques sur le flanc sud-ouest du volcan. Ces matériaux pyroclastiques comblèrent partiellement les parties amont des vallées des rivières Marella et Santo Tomas. Cet événement est le mieux daté de l'épisode éruptif Buag. La datation au  $C^{14}$  de deux échantillons de charbon recueillis dans la vallée de la rivière Marella laissent à penser que les coulées pyroclastiques associées à l'effondrement d'une partie du dôme sommital du Mont Pinatubo se produisirent entre 476 et 545 ans BP (échantillons WW-111 et W-6509), soit entre le début et le milieu du XV<sup>e</sup> siècle. L'effondrement partiel du dôme de lave survit dans le nom du village de '*Buag*' à San Marcelino, (province de Zambales) et qui signifie '*effondrer sur*' ou '*empiler sur*'.

## 3.3 Les lahars et leur impact sur l'environnement

Les témoignages géologiques montrent que de nombreux lahars se sont écoulés dans la plupart des rivières drainant le Mont Pinatubo lors de la période éruptive Buag. Les échantillons issus de dépôts de lahars datés au  $C^{14}$  montrent que ces événements se sont produits de manière récurrente dans une période de temps allant de 800 BP (échantillon WW-31) à 477 BP (échantillon WW-26) (Gaillard et al., 2007). La découverte récente de dépôts ponceux à 8,4 m de profondeur lors de carottages à proximité de Lubao (province de Pampanga), soit à près de 50 km du sommet du volcan, permet d'affirmer que des lahars du Mont Pinatubo ont conduit au remblaiement de vastes espaces côtiers situés à l'embouchure du delta de la rivière Pampanga sur le versant est du Mont Pinatubo. Des morceaux de bois placés immédiatement au dessous et au dessus des dépôts cendreux ont récemment été datés à 1802 et 1670 BP (échantillons WW-4685 et WW-4686). On ne sait toutefois si ces échantillons de bois étaient in situ où avaient été remobilisés. Dans le cas où les échantillons étaient in situ, les dates relevées pourraient correspondre à une éruption du Mont Pinatubo à ce jour jamais décrite. Si les morceaux de bois avaient été remobilisés, il est possible que le comblement d'espaces côtiers à l'embouchure du delta de la rivière Pampanga se serait produit durant la période éruptive Buag comme le suggère leur emplacement au dessous des dépôts associés à l'éruption de 1991. Dans ce dernier cas, suite à l'épisode éruptif Buag, la ligne de côte aurait sans doute progressé de près de 20 km en direction de la mer. Le même phénomène s'est probablement produit à l'embouchure de la rivière Pamatawan, sur le flanc ouest du volcan, créant ainsi la plaine où sont aujourd'hui établies notamment les villes de San Marcelino et Castillejos.

Un certain nombre de toponymes renseigne sur l'extension spatiale des lahars du Mont Pinatubo entre 800 et 477 BP. On note notamment des villages nommés '*Balas*' ('*sable*' en kapampangan) le long des trois principaux chenaux d'écoulement de lahars sur le versant est du volcan, à Bacolor (Pampanga) le long de la rivière Pasig-Potrero, à Mexico (Pampanga) sur les rives de l'Abacan, et à Concepcion (Tarlac) en bordure de la rivière Bamban. Un village d'Angeles (Pampanga) situé le long de la rivière



Abacan est aussi baptisé 'Sapang Bato' ou la 'rivière de pierres' (figure 3.3). Un autre toponyme, le terme 'uaua' (désormais 'Guagua', province de Pampanga), traduisant l'*'embouchure d'une rivière'*, renforce l'hypothèse d'une évolution de la ligne de côte et le remblaiement de secteurs littoraux au sein du delta de la rivière Pampanga. Si Guagua est aujourd'hui situé 15 km à l'intérieur des terres, il est certain qu'à un moment donné ce village était situé le long de la côte (figure 3.3). Comme l'indiquent les témoignages géologiques, il est probable que la ligne de côte s'est déplacée vers la mer à la suite du dépôt de sédiments volcaniques apportés par des lahars du Mont Pinatubo. À proximité de Guagua, toujours à l'intérieur des terres, le nom de la ville de Lubao fait aussi référence à une communauté côtière et renforce l'hypothèse du remblaiement du delta de la rivière Pampanga.

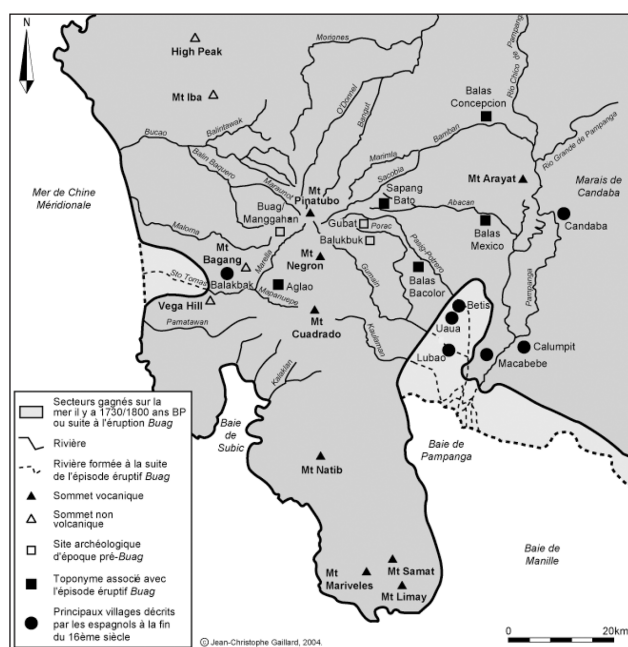


Fig.3.3 Localisation des sites archéologiques de Buag et Babo Balukbuk et témoignages toponymiques de la période éruptive Buag

L'accumulation initiale de dépôts de lahars à la confluence des rivières Marcella et Mapanuepe a également conduit à la formation d'un lac de barrage à la hauteur de l'actuel lac Mapanuepe (Gaillard et al., 2007). Ce lac avait toutefois disparu au moment de l'arrivée des colons espagnols à la fin du XVI<sup>e</sup> siècle. La légende aeta intitulée « L'origine du volcan Pinatubo » confirme cette hypothèse : « *But the lake, with its clear water was now filled with rocks, and mud covered everything* (Mais le lac aux eaux claires était désormais comblé par des rochers, et de la boue recouvrait le secteur) ». On peut supposer que le lac remblayé durant l'épisode éruptif Buag était le lac formé le long de la rivière Mapanuepe. Ceci est d'autant plus probable que le terme Aglao employé dans cette légende est aujourd'hui le nom d'un village situé à proximité du nouveau lac Mapanuepe formé à la suite de l'éruption de 1991.

### 3.4 Les conséquences sociales et économiques de la période éruptive Buag

Des fouilles archéologiques réalisées sur les piémonts du Mont Pinatubo en 1990, 1999 et 2002 indiquent que la région était habitée entre le XIII<sup>e</sup> et la fin du XV<sup>e</sup> ou le début du XVI<sup>e</sup> siècle (Gaillard, 2004, 2005). Trois villages ont ainsi été exhumés à Babo Balukbuk, en rive droite de la rivière Porac sur le versant oriental du volcan, et à Buag et Manggahan, en rive droite de la rivière Marcella sur les pentes occidentales de la montagne (figure 3.3). La découverte de porcelaines chinoises, thaïs et vietnamiennes similaires sur les deux versants du volcan laissent à penser que les différents villages étaient liés par des relations commerciales et que la région du Mont Pinatubo dans son ensemble était un important débouché pour les marchands du continent asiatique. Les annales de la dynastie Ming (1368-1644) font ainsi référence à une '*très haute montagne*' appelée '*Piao San*' ou '*Pio San*' au sein de la chaîne des Monts Zambales. Il est possible que cette cime soit le Mont Pinatubo avant que l'épisode éruptif Buag ne décapite l'ancien dôme sommital. Les annales de la dynastie Ming mentionnent plus particulièrement les liaisons commerciales entre la région du Mont Pinatubo et la Chine. Selon Wang (1964), '*Li-Gun-Tiong-Pang*' aurait été un entrepôt commercial situé dans la baie de la rivière Santo Tomas. On peut supposer qu'au moment de l'éruption, de petits bateaux marchands remontaient assez haut le cours de la rivière Santo Tomas, notamment grâce à un lac le long de la rivière Mapanuepe comme en témoignent les témoignages géologiques et oraux. Une fois au pied de la barrière montagneuse, quelques heures de marche devaient suffire aux négociants pour rejoindre le village de Buag ou la rivière Porac et le village de Babo Balukbuk et ainsi échanger leur marchandise contre des produits locaux. L'absence de découvertes archéologiques à l'embouchure du delta de la rivière Pampanga ne permet d'affirmer ou d'infirmer l'existence de tels entrepôts commerciaux sur le flanc est du volcan.

Les événements associés à la période éruptive Buag ont sans aucun doute profondément perturbé ces activités commerciales. La destruction et l'abandon des villages de Buag et Babo Balukbuk ont mis un terme à d'importants débouchés commerciaux (Gaillard et al., 2004, 2005). De plus, le possible remblaiement des baies à l'embouchure des rivières Santo Tomas et Pampanga et la disparition du lac Mapanuepe ont dû rendre la navigation et l'accès aux villages de l'intérieur beaucoup plus difficile. Les épais dépôts pyroclastiques sur les pentes du volcan ont sûrement découragé un peu plus les marchands chinois, thaïs et vietnamiens de poursuivre leur commerce pendant de longues années. En réponse à la perturbation du contexte commercial et à la récurrence des catastrophes naturelles, il est possible que les populations des alentours du Mont Pinatubo, notamment les communautés kapampangans, aient diversifié leurs activités économiques. Lors de leur arrivée dans la région à la fin du XVI<sup>e</sup> siècle, les colons espagnols remarquèrent en effet le caractère entreprenant des Kapampangans aussi bien engagés dans des activités agricoles qu'artisanales ou commerciales. Au cours des siècles suivants, les Kapampangans manifestèrent de nouveau de réelles facultés d'adaptation au contexte environnemental perturbé par

l'occurrence récurrente de phénomènes naturels (séismes, inondations, éruptions volcaniques...) (Larkin, 2001).

Les trois groupes ethnolinguistiques (Aeta, Sambal Tina et Kapampangan) fournissant aujourd'hui des témoignages oraux de l'éruption du Mont Pinatubo entre 800 et 500 ans BP constituent très probablement les communautés affectées par la catastrophe associée à la période éruptive *Buag*. Au moment des événements, la partie occidentale de la plaine centrale de Luçon et les piémonts orientaux du volcan étaient sans doute occupés par des communautés kapampangans. Les Sambals étaient certainement établis sur les piémonts occidentaux et peut-être même orientaux du volcan comme le suggèrent les premiers témoignages des colons espagnols à la fin du XVI<sup>e</sup> siècle (Blair et Robertson, 1903-09). En amont, les pentes occidentales et orientales du Mont Pinatubo abritaient probablement les communautés autochtones aetas. Les autres groupes ethnolinguistiques qui occupent aujourd'hui la région du Mont Pinatubo (Ilokanos et Tagalogs) sont constitués de colons arrivés au cours du XIX<sup>e</sup> siècle.

Les toponymes de la région du Mont Pinatubo sont également d'intéressants marqueurs des conséquences socio-démographiques de l'épisode éruptif *Buag*. La distribution spatiale de la population il y a environ 500 ans BP différerait probablement des observations faites par les conquistadors espagnols lors de la conquête de la région du Mont Pinatubo en 1571. Les Espagnols décrivirent une importante et dense population massée le long des rivières et bras du delta de la rivière Pampanga, au sein d'un triangle s'étendant de Macabebe à Lubao et Betis (Blair et Robertson, 1903-09 ; de San Agustin, 1998) (figure 3.3). Certains villages fortifiés, tels Betis (alors 7000 habitants) et Macabebe (2600 habitants), étaient habités par plusieurs milliers de Kapampangans (Jocano, 1975). Or, on a déjà souligné que les témoignages géologiques suggèrent que ces secteurs ont été gagnés sur la mer à la suite de lahars du Mont Pinatubo. Si l'on tient compte de l'hypothèse probable du remblaiement de ces terres au début de l'épisode éruptif *Buag*, les villages observés par les Espagnols ont donc sans doute été établis entre le moment de l'éruption et l'arrivée des conquistadors espagnols. On peut en déduire une redistribution globale de la population des piémonts du volcan en direction du sud-est à la suite de l'épisode éruptif *Buag*. En effet les toponymes *Balas* et *Sapang Bato*, associés à l'éruption, sont tous situés en amont, comme les sites archéologiques de Babo Balukbuk et Gubat à Porac. Les piémonts orientaux du Mont Pinatubo et l'ouest de la plaine centrale de Luçon étaient donc peuplés au moment de l'éruption, sans doute plus que ce que signalent les premiers rapports des Espagnols faisant état d'une population très faible et dispersée à la fin du XVI<sup>e</sup> siècle. De plus, l'existence de traces orales de l'éruption au sein des populations kapampangans ôte la possibilité d'un déplacement en provenance de secteurs non affectés situés au sud ou à l'est des nouvelles terres du delta de la rivière Pampanga. À l'est du Mont Pinatubo, on peut donc supposer que les communautés qui occupaient la bordure occidentale de la plaine centrale de Luçon et les piémonts orientaux du volcan se sont redéployées vers le sud et le sud-est en direction des terres nouvelles gagnées sur la mer à l'embouchure de la rivière Pampanga.

Sur le versant ouest du Mont Pinatubo, il est intéressant de noter que l'ensemble des villes de la plaine de la rivière Santo Tomas (province de Zambales) a été créé au cours des XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles et porte des noms d'origine espagnole : San Antonio, San Narciso, San Felipe, San Marcelino, Castillejos. Il en est de même pour la plupart des villages de ces municipalités (figure 3.3). Au moment de l'arrivée des Espagnols à la fin du XVI<sup>e</sup> siècle, la plaine de la rivière Santo Tomas, qui constitue aujourd'hui le seul espace plat relativement vaste et favorable à l'agriculture de la province de Zambales, était en effet quasiment inoccupée. Il est très probable que ces secteurs formaient peu de temps auparavant une baie ultérieurement remblayée par les lahars de la rivière Pamatawan associés à l'épisode éruptif *Buag*. Les premiers témoignages des missionnaires espagnols au cours du XVII<sup>e</sup> siècle indiquent que la population de la région était concentrée en amont sur les pentes du Mont Pinatubo et qu'il fut très difficile de les déplacer en plaine (Blair et Robertson, 1903-09 ; Scott, 1986). Sur le flanc ouest du volcan, l'épisode éruptif *Buag* n'a donc pas engendré un redéploiement de population vers l'aval comme observé sur le versant est.

### 3.5 De l'utilité de connaître le passé pour prédire le futur

Cette étude de la période éruptive du Mont Pinatubo située entre 800 et 500 BP constitue une analyse en retour significative à prendre en compte dans l'évaluation des risques liés à l'éruption de 1991 et à un futur réveil du volcan. La période de repos de 500 ans entre la fin de la période éruptive *Buag* et l'éruption de 1991 est l'une des plus courtes dans l'histoire du Mont Pinatubo. Newhall et al. (1996) notent que les périodes d'inactivité du volcan tendent à se raccourcir au fil des millénaires. Les mêmes auteurs concluent que l'éruption de 1991 était la plus importante possible au regard des réserves de magma présentes en 1991. La croissance non-explosive d'un dôme de lave entre juillet et octobre 1992 renforce cette hypothèse. Newhall et al. (1996) préviennent cependant que des explosions modérées sont toujours possibles. En effet, si l'activité éruptive du Mont Pinatubo est réellement cyclique et se termine toujours lorsque la caldeira formée par l'éruption plinienne initiale est comblée par un dôme de lave, alors l'épisode amorcé de manière spectaculaire en 1991 n'est pas achevé. Les connaissances concernant les conditions et la durée de croissance du dôme sont encore incomplètes. Il est donc difficile d'affirmer que de nouvelles éruptions associées à une reprise de la croissance du dôme de 1992 ne se produiront pas dans les décennies ou les siècles prochains.

Ce travail sur la période éruptive *Buag* s'avère instructif pour appréhender l'ampleur de l'impact environnemental de l'éruption de 1991 et de futures éruptions du Mont Pinatubo. L'exploitation croissante des réserves aquifères souterraines due à une demande anthropique de plus en plus importante a fortement accentué le rythme de subsidence des deltas voisins du Mont Pinatubo, notamment celui de la rivière Pampanga (Rodolfo et Siringan, 2006). Au lendemain de l'éruption de 1991, les lahars ont eu tendance à s'épancher au sein des plaines alluviales et ont ainsi en

partie contrecarré la subsidence rapide de ces secteurs. Par exemple, les dépôts de lahars ont rehaussé la ville de Bacolor de plusieurs mètres, la protégeant ainsi des inondations croissantes qui affectent les secteurs voisins qui n'ont pas été remblayés.

Depuis 1991, tous les chenaux d'écoulement des lahars du Mont Pinatubo ont été endigués afin de protéger les secteurs les plus densément peuplés. Les digues ont dès lors empêché le remblaiement naturel d'une grande partie des deltas qui aurait freiné le processus de subsidence. L'étude de la période éruptive *Buag* montre pourtant que l'accumulation de sédiments volcaniques au delà du littoral a permis de conquérir de vastes espaces sur la mer. Une meilleure connaissance des espaces remblayés par des dépôts de lahars lors de la période éruptive *Buag* permet de prédire les transformations géomorphologiques qui sont encore susceptibles de se produire suite à l'éruption de 1991, voire au lendemain de futures explosions. Ces nouveaux éléments sont également utiles à la planification du relogement des victimes d'inondations.

Malgré l'existence d'indices au sein des communautés locales, la mémoire orale de la période éruptive *Buag* n'a eu aucun impact sur la gestion de la catastrophe de 1991. Toutes les études menées au lendemain de cet événement affirmaient en effet qu'il n'existait aucune mémoire des événements plus anciens au sein des communautés sinistrées. Il est désormais important que l'expérience de 1991 serve de référence en matière de connaissance des phénomènes volcaniques et du comportement des populations.

Enfin, au moment de l'épisode éruptif *Buag*, la région du Mont Pinatubo était déjà une région densément peuplée avec d'intenses activités économiques liant ce secteur au continent asiatique. Cette même région est aujourd'hui devenue un des moteurs économiques des Philippines. Malgré tout, il n'est fait aucun état d'une éventuelle nouvelle éruption du Mont Pinatubo dans les plans de développement régionaux ; tout juste est-il mentionné que les lahars associés à l'éruption de 1991 sont susceptibles de perdurer durant encore quelques années. En cas de nouvelle éruption de magnitude semblable à celle d'il y a environ 800-500 BP ou de 1991 (Indice d'Explosion Volcanique = 6), les conséquences pourraient encore s'accroître. En effet, dans un rayon de 40 km autour du volcan (secteur le plus touché en 1991), la population s'accroît à un rythme très rapide et le gouvernement a concentré d'importants intérêts économiques telles de vastes zones économiques franches. Cette reconstitution partielle de l'éruption du Mont Pinatubo entre 800 et 500 BP nous rappelle que la catastrophe de 1991 ne fût pas un cas isolé et que ses effets auraient pu être anticipés.

## Remerciements

L'auteur tient à remercier Frédéric Leone (Université Paul-Valéry — Montpellier III) pour ses judicieux conseils lors de la finalisation de cet article.

## 3.6 Bibliographie

- BAU M. (1989) — *Petrography and geochemistry of quaternary volcanic rocks from Mt. Arayat, Central Luzon, Philippines* — Institut für Mineralogie und Lagerstättenlehre, Aachen, 28 p.
- BLAIR E. H., Robertson J. A. (1903-09) — *The Philippine Islands 1493-1898* — Arthur H. Clark, Cleveland, 55 volumes.
- BLONG R.J. (1982) — *The time of darkness : local legends and volcanic reality in Papua New Guinea* — University of Washington Press, Seattle.
- CASTILLO J.S. (1918) — The story of Mt. Arayat — Collectif, sous la direction de H.O. BEYER — *Philippine folklore, social customs and beliefs (a collection of original sources)* — Volume XIX : *From the Pampangan peoples* — No éd., Manille.
- CRONIN S.J., NEALL V.E. (2000) — Impacts of volcanism on pre-European inhabitants of Taveuni, Fiji — *Bulletin of Volcanology*, 62 (3), pp. 199-213.
- CRONIN S.J., FERLAND M.A., TERRY J.P. (2004) — Nabukelevu volcano (Mt. Washington), Kadavu — a source of hitherto unknown volcanic hazard in Fiji — *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 131 (3-4), pp. 371-396.
- DAVID D.G. (1918) — Folklore stories — Collectif, sous la direction de H.O. BEYER — *Philippine folklore, social customs and beliefs (a collection of original sources)* — Volume XIX : *From the Pampangan peoples* — No éd., Manille.
- DELFIN JR. F.G. (1983) — *Geology of the Mt. Pinatubo geothermal project* — Rapport interne, Philippine National Oil Company, Manille.
- DELFIN JR. F.G. (1984) — *Geology and geothermal potential of Mt. Pinatubo. Rapport interne* — Philippine National Oil Company / Energy Development Corporation (PNOC-EDC), Manille, 36 p.
- DELFIN JR. F.G., VILLAROSA H.G., LAGUYAN D.B., CLEMENTE V.C., CANDELARIA M.R., RUAYA J.R. (1996) — Geothermal exploration of the pre-1991 Mount Pinatubo hydrothermal system — Collectif, sous la direction de C.G. Newhall & R.S. Punongbayan — *Fire and mud : eruption and lahars of Mount Pinatubo, Philippines* — University of Washington Press & Phivolcs, Seattle & Quezon City, pp. 197-212.
- DE SAN AGUSTIN G. (1998) — *Conquistas de las Islas Filipinas (1565-1615)* — San Agustin Museum, Manille, 1176 p.
- FRIEDRICH W.L. (2000) — *Fire in the sea — The Santorini volcano : natural history and the legend of Atlantis* — Cambridge University Press, Cambridge, 272 p.
- GAILLARD J.-C., DELFIN JR. F.G., DIZON E.Z., PAZ V.J., RAMOS E.G., REMOTIGUE C.T., RODOLFO K.S., SIRINGAN F., SORIA J.L.A., UMBAL J.V. (2004) — Socio-economic impact of the c. 800-500 yr BP eruption of Mt. Pinatubo (Philippines) : hypotheses from the archaeological and geographical records — *Proceedings of the Society of Philippine Archaeologists*, 2, pp. 46-58.
- GAILLARD J.-C., DELFIN JR. F.G., DIZON E.Z., LARKIN J.A., PAZ V.J., RAMOS E.G., REMOTIGUE C.T., RODOLFO K.S., SIRINGAN F.P., SORIA J.L.A., UMBAL J.V. (2005) — Dimension anthropique de l'éruption du Mont Pinatubo (Philippines) entre 800 et 500 ans BP — *L'anthropologie*, 109, pp. 249-266.



- GAILLARD J.-C., DELFIN JR., F.G., DIZON, E.Z., PAZ, V.J., RAMOS, E.G., REMOTIGUE, C.T., RODOLFO, K.S., SIRINGAN, F., SORIA, J.L.A., UMBAL, J.V. (2007) — A reconstruction of the ca. 800-500 y BP. Buag eruption of Mt. Pinatubo, Philippines — Collectif, sous la direction de J. Grattan & R. Torrence — *Living under the shadow : the archaeological, cultural and environmental impact of volcanic eruptions* — University College London Press, Londres, sous presse.
- GALANG R.E. (1940) — *Ethnographic study of the Pampangans* — The National History Museum Division, Manille, 100 p.
- HILARIO-LACSON E. (1984) — *Kapampangan writing : a selected compendium and critique* — National Historical Institute, Manille, 556 p.
- JOCANO F. L. (1975) — *The Philippines at the Spanish contact* — MCS Enterprises Inc., Manille, 235 p.
- LARKIN J.A. (2001) — Mount Pinatubo erupts : some historical implications of a disaster in Pampanga — *Philippines*, 36, pp. 12-14.
- LEONE F., GAILLARD J.-C. (1999) — Analysis of the institutional and social responses to the eruption and the lahars of Mount Pinatubo volcano from 1991 to 1998 (Central Luzon, Philippines) — *Geojournal*, 49 (2), pp. 223-238.
- MOODIE D.W., CATCHPOLE A. J. W., ABEL K. (1992) — Northern Athapaskan oral traditions and the White River volcano — *Ethnohistory*, 39 (2), pp. 148-171.
- NEWHALL C.G., DAAG A.S., DELFIN JR. F.J., HOBLITT R.P., MCGEEHIN J., PALLISTER J.S., REGALADO M.T.M., RUBIN M., TUBIANOSA B.S., TAMAYO JR. R.A., UMBAL J.V. (1996) — Eruptive history of Mount Pinatubo — Collectif, sous la direction de C.G. Newhall & R.S. Punongbayan — *Fire and mud : eruption and lahars of Mount Pinatubo, Philippines* — University of Washington Press & Phivolcs, Seattle & Quezon City, pp. 165-195.
- COLLECTIF, sous la direction de C.G. NEWHALL & R.S. PUNONGBAYAN (1996) — *Fire and mud : eruption and lahars of Mount Pinatubo, Philippines* — University of Washington Press & Phivolcs, Seattle & Quezon City, 1126 p.
- NICDAO A. (1918A) — Sinukuan — Collectif, sous la direction de H.O. Beyer — *Philippine folklore, social customs and beliefs (a collection of original sources)* — Volume XIX : *From the Pampangan peoples* — No éd., Manille.
- NICDAO A. (1918B) — Sinukuan of Mount Arayat — Collectif, sous la direction de H.O. Beyer — *Philippine folklore, social customs and beliefs (a collection of original sources)* — Volume XIX : *From the Pampangan peoples* — No éd., Manille.
- PETTERSON M.G., CRONIN S.J., TAYLOR, P.W., TOLIA D., PAPABATU A., TOBA T., QOPOTO C. (2003) — The eruptive history and volcanic hazards of Savo, Solomon Islands — *Bulletin of Volcanology*, 65 (2-3), pp. 165-181.
- QUIZON P.G. (1918) — A legend of Mt. Arayat of Pampanga — Collectif, sous la direction de H.O. Beyer — *Philippine folklore, social customs and beliefs (a collection of original sources)* — Volume XIX : *From the Pampangan peoples* — No éd., Manille.
- RODOLFO K.S., SIRINGAN F.P. (2006) — Global sea-level rise is recognised, but flooding from anthropogenic land subsidence is ignored around northern Manila Bay, Philippines — *Disasters*, 30 (1), pp. 118-139.
- RODRIGUEZ J.N. (1918) — The origin of Pinatubu volcano (A negrito myth) — Collectif, sous la direction de H.O. Beyer — *Philippine folklore, social customs and beliefs (a collection of original sources)* — Volume XXII : *Ethnography of the Negrito-Aeta peoples* — No éd., Manille.
- SANTOS A.P. (1979) — *Romance in Philippine names : mythical origins of Philippine names and objects* — National Book Store, Manille, 270 p.
- SCOTT W.H. (1986) — Life, religion and customs of the 17th century Zambals, as reflected in the missionary labors of Father Domingo Perez, O.P. — *Philippiniana Sacra*, 21 (61), pp. 117-161.
- TAYLOR P.W. (1995) — Myths, legends and volcanic activity : an example from northern Tonga — *Journal of the Polynesian Society*, 104 (3), pp. 323-346.
- WANG T.-M. (1964) — Sino-Filipino historico-cultural relations — *Philippine Social Sciences and Humanities Review*, 29 (3-4), pp. 277-471.



## 4 Mise en perspective historique de la crue du Vidourle des 8 et 9 septembre 2002 à Sommières (Gard)

### Laurent BOISSIER

Doctorant au laboratoire GESTER (EA 3766).  
Université Paul-Valéry – Montpellier III,  
Président de l'association Sommières et Son Histoire  
laurentboissier@free.fr

### Aimé JEANJEAN

Vice-président de l'association Sommières et Son Histoire  
aime.jeanjean@wanadoo.fr

**Résumé.** — Les 8 et 9 septembre 2002, le fleuve Vidourle (Gard) connaît une crue record. La ville de Sommières est particulièrement touchée par cette nouvelle inondation appelée ici « *vidourlade* », comme déjà en 1907, 1933 ou 1958. Or, depuis, l'urbanisation s'est faite principalement en zone inondable, et ce d'autant plus facilement que la construction de trois barrages écrêteurs de crue a induit un sentiment de sécurité trompeur.

Pour tenter de comprendre « l'inondabilité » de la ville, cet article revient en premier lieu sur la particularité qu'elle doit au fait d'être construite dans le lit même du fleuve.

Afin de mieux caractériser la crue de 2002, l'essentiel du travail historique a consisté à la comparer avec les précédentes notamment celle de 1958. L'article insiste donc sur la méthodologie mise en œuvre en montrant à quels types de sources il a été fait appel et les divers problèmes rencontrés.

**Mots-clés.** — Méditerranée, inondation, enjeux, vulnérabilité urbanisation, archives, PHEC.

**Title.** — *A historical perspective on the river Vidourle flood of 8th and 9th september 2002 in Sommières (Gard, France)*

**Abstract.** — In September 2002 the 8th and 9th, the Vidourle river (France, Gard) knew an unprecedented peak discharge. The town of Sommières was particularly touched by catastrophic flood that overtopped the 1907, 1933 or 1958 levels. Despite those historical floods, urbanization had still been growing in flood-prone zones all the more so easily as the building of three upstream dams induced a misleading awareness of security.

To try to understand the high level of flood risk in this city, this article initially reconsiders the historical conditions of floodplain occupation in relation to water-linked activities. In order to better characterize the flood of 2002, we based historical investigation on a comparison with previous floods, especially those of October 1958. The paper thus insists on the methodology implemented and the critical analysis of different kinds of documents used to study former hydrological events.

**Key-words.** — Mediterranean basin, floods, floodplain occupation, vulnerability, urban growth, historical investigations.

### 4.1 Introduction

Le dimanche 8 et le lundi 9 septembre 2002, un événement pluviométrique intense a touché la totalité du Gard, l'est de l'Hérault et l'ouest du Vaucluse. À l'épicentre du phénomène, dans la région d'Anduze (Gard) on enregistre près de 700 mm de pluie en seulement 24 h. Ces importantes précipitations déclenchent des crues record sur l'ensemble des cours d'eau du Gard dont la Cèze, les Gardons et le Vidourle. Sur le bassin versant du Vidourle (figure 4.1), réputé pour ses crues subites et violentes consacrées sous le terme de « *vidourlades* », celle du 9 septembre 2002 s'approche des plus importantes que la « *vidourlenque* » ait connues et dépasse en ampleur les plus grosses crues historiques bien repérées sur la commune de Sommières.

Le Vidourle est un fleuve côtier de l'ouest du Gard qui prend sa source à environ 500 m d'altitude sur la commune de Saint-Roman-de-Codières en bordure sud-est du Massif de l'Aigoual. Il parcourt un linéaire total de 82 km et, après avoir été alimenté par de nombreux affluents d'importance variable, atteint ses débouchés en Méditerranée sur la commune du Grau-du-Roi. Le fleuve est limitrophe des 2 départements du Gard et de l'Hérault sur un linéaire de 27 km dans la plaine littorale endiguée. Son bassin versant de près de 800 km<sup>2</sup> est très concentré avec des pentes fortes en amont.

Cette morphologie avec des écoulements rapides associés à des affluents toujours à sec qui se révèlent être de véritables torrents en cas de crues, font du Vidourle un cours d'eau extrêmement craint par sa population riveraine et les nombreuses villes qu'il baigne, dont Sommières. Il faut noter que la population donne le nom de « *vidourlades* » aux crues répétées du fleuve qu'il nomme « Vidourle », sans l'article, comme pour le personnifier. Le lecteur ne s'étonnera donc pas de trouver ici l'emploi de l'une ou l'autre forme.

Sommières, représentée en rouge sur la figure 4.1, est une ville d'une population de près de 4 500 habitants. Le fleuve fait régulièrement des incursions dans le centre ancien (tous les deux ans en moyenne) et deux ou trois fois par siècle inonde quasiment l'ensemble de la petite cité médiévale (2002, 1958, 1933, 1907, 1858...). Pour tenter de comprendre l'inondabilité de la ville de Sommières, nous reviendrons en premier lieu sur la particularité de son implantation historique. Nous reviendrons ensuite, plus précisément, sur la crue de 2002 et sur le travail historique qui a permis de mieux la caractériser.

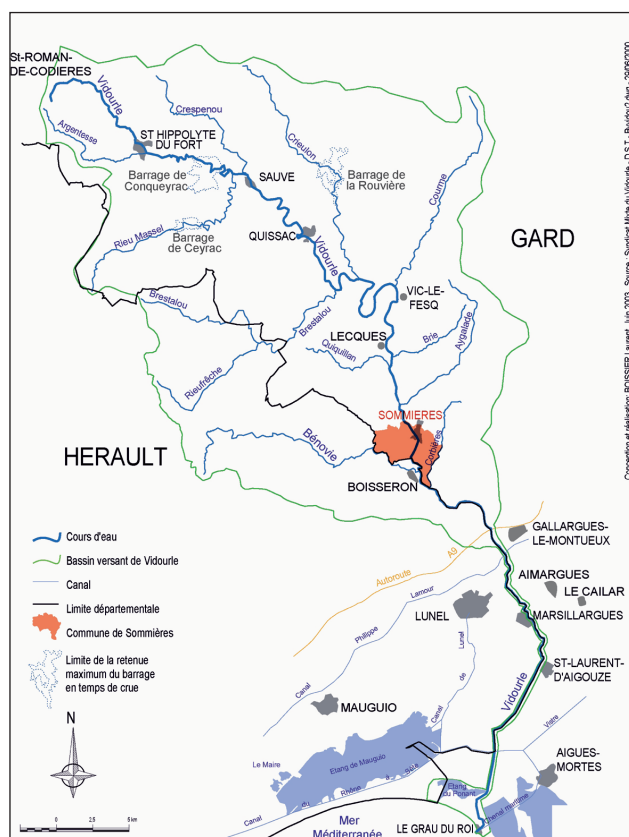


Fig. 4.1 Le bassin versant du Vidourle

## 4.2 L'inondabilité historique de Sommières

### 4.2.1 Un pont peu à peu amputé de ses arches

À partir de Sommières, la vallée du Vidourle s'élargit. Cet emplacement stratégique, véritable nœud de voies de communication, a servi de tout temps de lieu de passage aux voyageurs, aux commerçants et aux marchandises. On franchissait Vidourle à gué, plus tard, grâce à un pont en pierre qui a résisté depuis aux assauts du fleuve : le pont romain probablement construit par Tibère. Originellement doté de 17 arches enjambant Vidourle, les habitations depuis le Moyen Âge l'ont peu à peu privé de 10 arches pour n'en laisser aujourd'hui plus que sept permettant le libre passage des eaux. Deux raisons semblent prévaloir à la construction partielle de Sommières dans le lit de Vidourle à partir du site primitif implanté sur la colline (cf. 1, figure 4.2) :

- un manque évident de place ;
- des contraintes techniques liées aux industries locales.

Ainsi, une première extension s'opère vers le sud : six arches du pont sont bouchées (cf. 2, figure 4.2). Devant la réussite économique, il faut encore s'agrandir et cette fois c'est vers le nord que les constructions se font (cf. 3A, figure 4.2). Malgré la protection des remparts, la ville reste inondable. En effet, l'eau arrive (et se retire) par les égouts de la place du Marché (place M et G Dax sur la figure 4.2). Toutefois, avisés, les sommiérois construisent leurs habitations sur arcades et vivent à l'étage : en cas de « vidourlade » l'eau circule librement en ville. Plus tard, à cause du manque de

place, ces arcades seront fermées et transformées en caves, voire en commerces. De plus, grâce aux moutons, au tanin des chênes verts, à la chaux des carrières, l'économie va se tourner vers le traitement des peaux, des laines, des cuirs. L'eau de Vidourle est indispensable, et c'est dans son lit que l'on établit moulins et bassins de macération des peaux, de rouissage du lin et du chanvre.

La ville évolue ensuite peu par rapport à ce qu'elle était au Moyen Âge. Seuls deux faubourgs se développent à l'extérieur des remparts (cf. 4, figure 4.2). De plus, deux quais sont aménagés le long des remparts. La construction de ces quais se fait toujours au détriment de Vidourle dont le lit est ainsi peu à peu rétréci au cours des siècles.

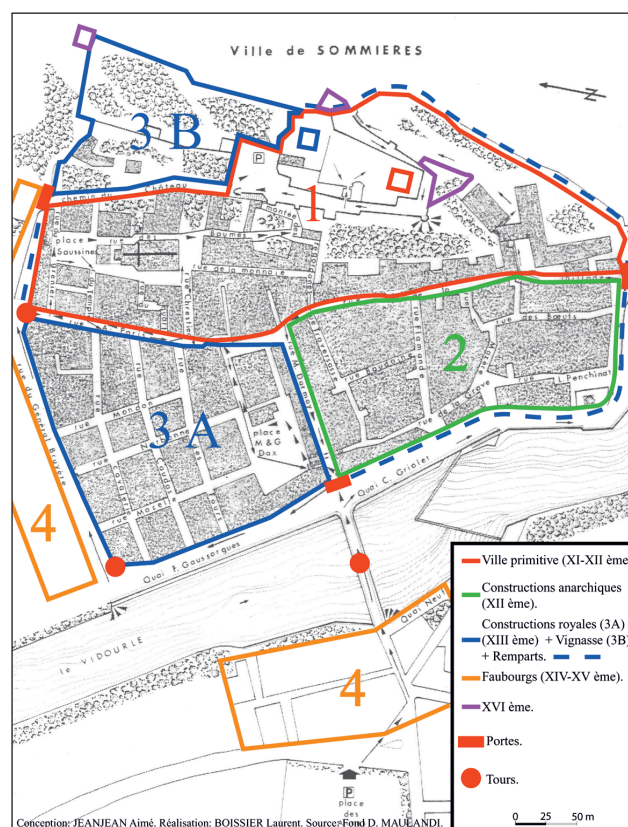


Fig. 4.2. L'urbanisation progressive de la ville de Sommières

### 4.2.2 Une urbanisation récente qui amplifie la vulnérabilité

Dès la révolution de 1789, la physionomie de la ville va évoluer nettement. Les remparts sont vendus par portions comme Biens Nationaux et sont abattus. Les fossés qui bordent la ville sont supprimés. Peu à peu, tout au long du XIX<sup>e</sup> siècle, le faubourg rive gauche va se développer sur l'emplacement d'anciens jardins qui lors des inondations antérieures, permettaient au fleuve de s'étendre plus aisément. En rive droite, le faubourg du Pont se développe également. On construit des maisons le long d'une route perpendiculaire au sens du courant ; elles constituent un véritable barrage lors des inondations.

En amont de ces constructions, s'étendent des terrains plantés de vignes. Dans les années 1980, il faut loger une population en augmentation qui ne veut pas habiter dans



les rues « basses » du centre ancien. Malgré un POS (Plan d'Occupation des Sols en 1983), en l'absence de PPR (Plan de Prévention des Risques), sans bien tenir compte des leçons de 1958 (Vidourle avait déjà submergé ces terrains), on bâtit avec ardeur des immeubles, des lotissements, un collège, une salle omnisports [...] des parkings et des terrains de sports goudronnés qui succèdent aux terres plantées en vignes. La construction de trois barrages écrêteurs de crues, depuis 1958, a peut-être induit un sentiment de sécurité trompeur.

La plus récente réalisation est la construction du nouveau pont, en amont de Sommières sur la nouvelle RN 110. Pour rattraper une dépression occupée par des vignes, au lieu de réaliser une série d'arches ou de prolonger le pont par des buses importantes, les services de l'Équipement décident d'édifier une digue de terre de près de 200 m de long. Malheureusement, lors de l'inondation du 9 septembre 2002, cette digue a constitué un barrage contre lequel se sont heurtés les flots déchaînés. Elle a contribué à rehausser de près d'un mètre le niveau de l'eau dans les maisons situées en arrière. D'autre part, faute de pouvoir s'étendre, Vidourle s'est précipité avec d'autant plus de violence dans le passage restreint que lui offrait le nouveau pont : ne pouvant se développer sur sa rive gauche il s'est déporté sur la rive droite où la crue a causé des ravages.

Ainsi, l'implantation historique très ancienne de Sommières explique de tout temps son inondabilité.

### 4.3 La crue de 2002 à Sommières

#### 4.3.1 Une longue crue en deux temps

À Sommières, l'évolution de l'onde de crue traduit bien les deux vagues de pluies qui affectent le bassin versant du Vidourle. Le 8 septembre, la cote passe de 1,60 m à 18 h 30 à 4,70 m à 20 h 25 soit une montée de 3,10 m en 2 heures (2,5 cm / min). Après une légère décrue amorcée entre 20 h 45 et 22 h 50 (-30 cm), nous observons jusqu'au lendemain un niveau stagnant entre 5 et 6 m sur une durée relativement longue de 13 heures (+ 0,15 cm / min), avant l'arrivée vers midi de la deuxième pointe de crue marquée par une forte augmentation entre 13 heures et 14 h 30. Le niveau de l'eau augmente alors de 1,30 m en 1 h 30 soit au rythme de 1,5 cm/min.



Fig. 4.3 Le pont romain de Sommières le 09/09/2002 au maximum de la crue (Cliché P. Boissier)

Les données diffèrent selon les sources et le repère que l'on prend ; cependant nous retiendrons qu'il y a eu entre 7 et 8 m d'eau le lundi 9 septembre au maximum de la crue, au droit du pont romain et un débit de pointe de la crue qui est estimé à 2 550 m<sup>3</sup>/s (figure 4.3). Le débit naturel, sans l'influence des barrages aurait été de 3 140 m<sup>3</sup>/s soit 50 cm de plus.

#### 4.3.2 La majorité de la commune touchée

La ville de Sommières a été particulièrement touchée par cette inondation avec 40% du territoire urbanisé communal submergé. La figure 4.4 nous permet d'apprécier dans quelle mesure la ville construite dans le lit majeur du fleuve a été inondée. En effet, à l'exception d'un habitat pavillonnaire peu dense à l'est de la commune ainsi que quelques quartiers en rive droite, toute la commune de Sommières est touchée. La figure 4.5 nous présente les hauteurs d'eau atteintes dans les différents quartiers ainsi que les principales zones de courant. Cette carte a été établie essentiellement à partir d'un relevé systématique des laisses de crues que nous avons pu trouver après le 9 septembre. Dans l'ensemble, la plupart du bâti se retrouve sous plus de 2 à 3 m d'eau. C'est donc une commune totalement paralysée qui se retrouve au lendemain de la crue, tant celle-ci l'a dévastée dans son ensemble.

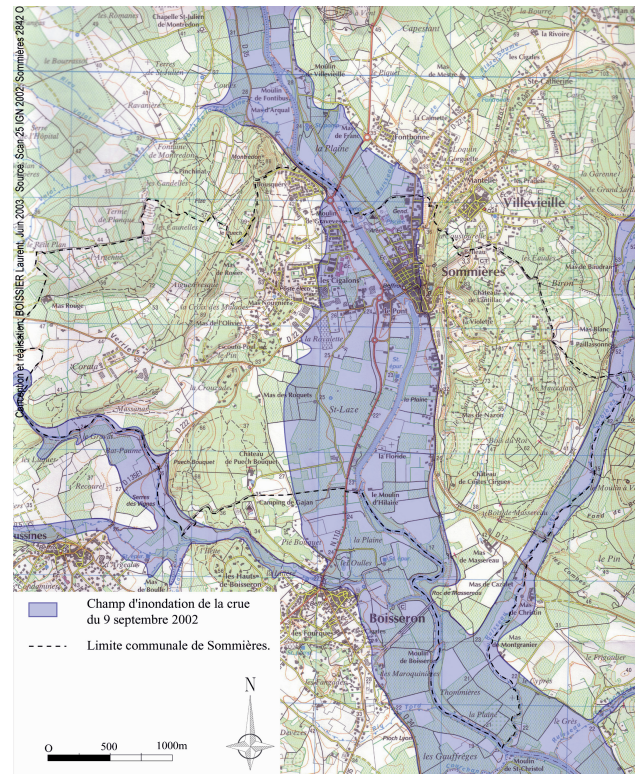
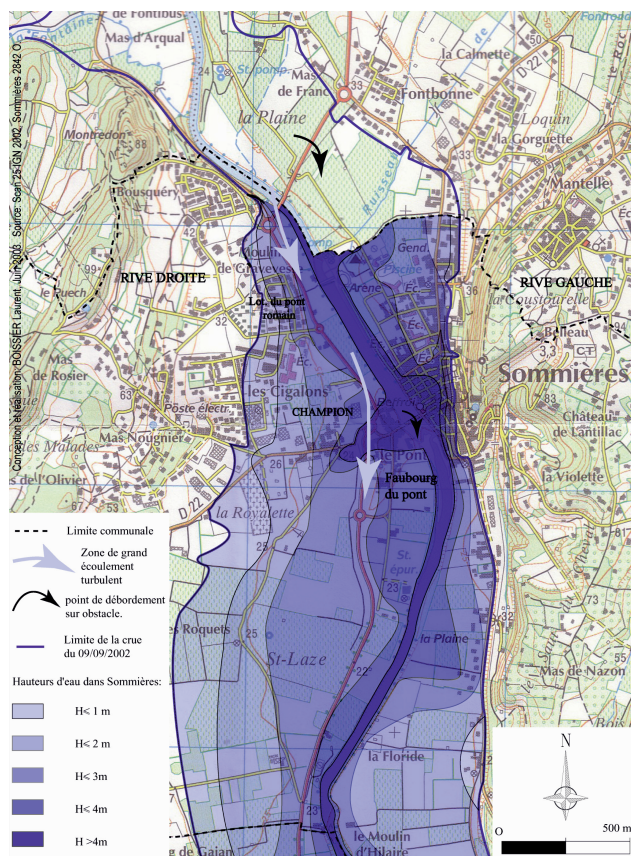


Fig. 4.4 Emprise de la crue du 09/09/2002 à Sommières





#### 4.3.3 Des dégâts sans précédent

Après la crue de 2002, la commune de Sommières ne déplore heureusement aucune victime humaine mais, nous venons de le voir, les dégâts ont touché toutes les branches d'activités, tous les intérêts, toutes les catégories de biens. 550 familles ont été sinistrées pour près de 400 maisons dont 170 dans le centre historique. Les dommages aux activités économiques se sont élevés à plus de 6 millions d'euros avec 125 commerces détruits et 14 exploitations agricoles sinistrées. Le montant des dégâts pour la commune approche les 5 millions d'euros. Enfin, à ce total déjà élevé de près de 11 millions d'euros, il faudrait ajouter celui des dommages causés aux biens privés. Ce chiffre peut être estimé entre 12 et 15 millions d'euros (selon une moyenne de 30 000 à 38 000 € de pertes par maison).

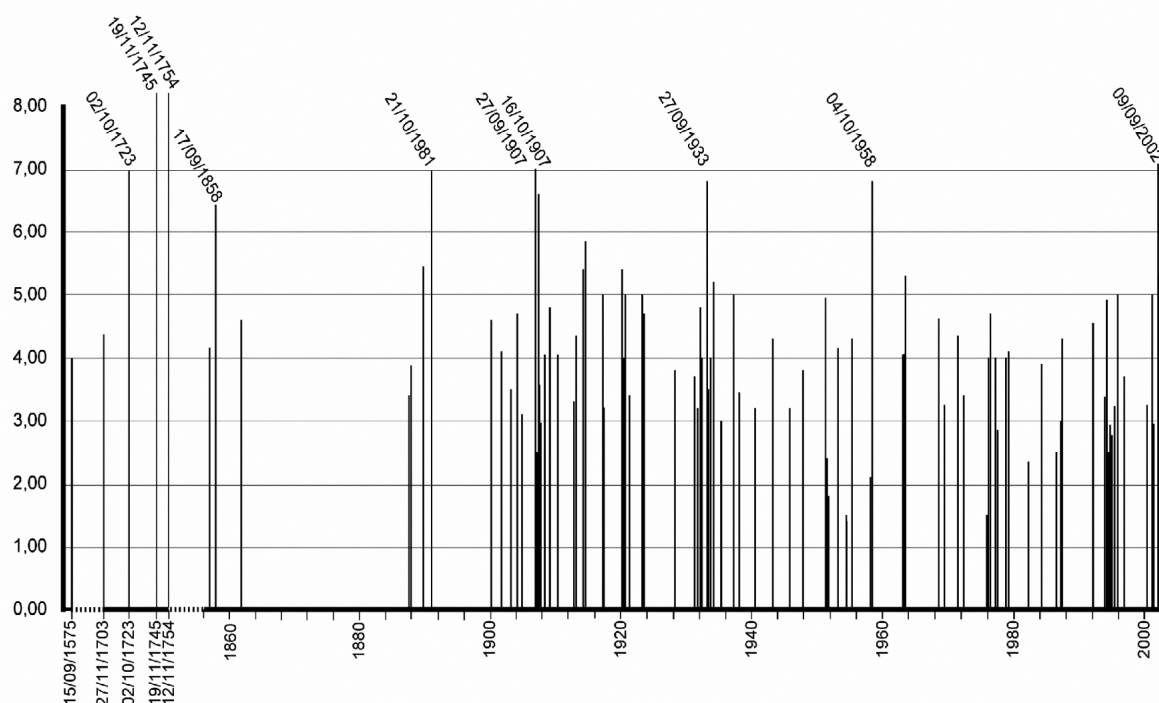
#### 4.4 Mise en perspective historique de la crue de 2002

D'importantes inondations s'étaient déjà produites à Sommières, nous l'avons dit. La figure 4.6 reprend toutes les crues trouvées dans les archives depuis le XVI<sup>e</sup> siècle et traduit bien cette récurrence : 1858, 1891, 1907, 1933 et 1958. Il y a donc eu en moyenne une crue très importante par génération.

##### 4.1.1 Une méthodologie basée sur les PHEC et les archives

À partir du relevé systématique des PHE (Plus Hautes Eaux) de 2002, nous avons pu trouver traces des anciennes

Hauteur d'eau (en m) au pont de Sommières:



Conception et réalisation: BOISSIER Laurent, Juin 2003. Sources: SAC 30 et BRLi 2002

crues grâce à de nombreux repères sur les murs, plaques... Ainsi, il a été assez aisé de comparer les crues entre elles. La photo de la figure 4.7 montre un exemple de repère de crue que l'on peut trouver sur les murs des particuliers. Parfois, beaucoup sont répertoriées, ce qui constitue un outil pratique pour les hiérarchiser entre elles. D'autres sources ont été utilisées : des photographies et des cartes postales anciennes mises en relation avec la production considérable de tous les types de médias en 2002. Elles nous ont permis par exemple d'apprécier au niveau du pont romain le déversement attesté en 1958 et 2002, et donc le peu d'écart des deux crues en ce point.

Les archives enfin ont permis par exemple d'établir également une comparaison des dégâts de 1907, 1933, 1958 et 2002. Malheureusement, nous ne disposons pas de tous les bilans des crues ; mais il est possible de dire que le montant des dégâts de 2002 est entre trois et cinq fois supérieur à celui des grandes crues précédentes. Ceux aux biens privés augmentent le plus (ils sont multipliés par trois) du fait d'un meilleur équipement des ménages ce qui « gonfle » considérablement la facture en cas de perte. Mais c'est surtout l'augmentation de l'urbanisation de Sommières depuis la dernière grande crue qui est principalement responsable de l'explosion du montant des dégâts. Rappelons que la commune a gagné près de 1000 habitants entre 1954 (2882 habitants) et 1999 (3732 habitants).

#### 4.4.2 Les problèmes rencontrés ou une difficile homogénéisation des sources

Plusieurs problèmes méthodologiques et de sources se sont posés : origine de l'information, position de l'échelle de référence, accès aux données parfois...

En ce sens, le problème de l'emplacement de l'échelle de crue pour la pertinence des chiffres relevés est révélateur. Celle-ci est fixée sur la face aval du pont romain en rive gauche. Son niveau maximum (8 m) affleure juste sous le trottoir du pont. Or, au maximum de la crue nous voyons bien qu'il passe sur le pont plus de 8 m d'eau (cf. figure 4.3). La hauteur d'eau relevée par le Service d'Annonce des Crues nous donne pourtant 7,08 m et de son côté, la mairie avance le chiffre de 7,30 m (relevé visuel effectué par la secrétaire de mairie). Deux explications à cela :

- effet de barrage du tablier du pont, qui bloque la ligne d'eau et favorise la surverse empêchant la lecture directe de la cote ;

- à cela s'ajoute la contraction de la veine d'eau sous les arches du pont et une accélération de l'écoulement au niveau de l'échelle qui rend la cote lue non représentative (la hauteur d'eau au niveau de l'échelle est plus basse que celle prise en aval puisque la ligne d'eau remonte au fur et à mesure que l'écoulement reprend la totale section de la rivière). Cet effet de remous est estimé à 90 cm. Toutes ces observations nous ont obligé à relativiser les données relevées tant en 2002 que pour les crues anciennes d'autant plus que la position de l'échelle de crue a probablement changé dans le temps.

## 4.5 Conclusion

Ainsi, la crue de 2002, légèrement supérieure de 30 à 50 cm à celle de 1958, est bien la crue la plus importante que Sommières ait connue. Sa mise en perspective historique a permis de voir combien le problème des « vidourlades » est une question récurrente dans l'histoire de la petite cité médiévale. S'il est vrai que la crue du 9 septembre 2002 a été exceptionnelle par le débit qui a transité dans le cours du Vidourle, c'est bien l'augmentation de l'urbanisation depuis 1958 qui a renforcé la vulnérabilité de la commune.

Les différentes archives ont servi ici à comparer *a posteriori* des crues entre elles. Espérons qu'elles pourront servir dans l'avenir à perpétuer la mémoire des crues favorisant ainsi une meilleure culture du risque inondation.

## 4.6 Bibliographie

- BOISSIER L. (2003) — *La crue des 8 et 9 septembre 2002 sur le bassin versant du Vidourle à Sommières : mise en perspective historique et étude de vulnérabilité* — Mémoire de maîtrise de géographie, université Paul-Valéry — Montpellier III, 144 p.
- SOMMIERES ET SON HISTOIRE (2004) — *Vidourle et Vidourlades* — Bulletin spécial n°12, 224 p.



Fig. 4.7 Exemple de repère de crue chez un particulier à Sommières



## 5 Mémoires et cultures locales du risque : quelques enseignements tirés des journées d'échanges du groupe Histoire-Mémoire de l'AFPCN

Nancy MESCHINET DE RICHEMOND

EA 3766 GESTER - Université Paul-Valéry — Montpellier III  
17 rue Abbé-de-l'Épée, 34090 Montpellier

nancyderichmond@online.fr

**Résumé.** — Le groupe « Histoire-Mémoire » de l'Association française pour la prévention des catastrophes naturelles (AFPCN) cherche à promouvoir de nouveaux modes de partage d'information pour améliorer la gestion des risques. À l'occasion de plusieurs journées organisées en 2003 et 2004 sur les lieux mêmes où des acteurs locaux agissent quotidiennement, l'objectif est de faciliter le partage des expériences et d'échanger sur l'histoire et la mémoire du risque. Cette démarche doit permettre de conserver une mémoire vivante et de traduire en actes les savoirs empiriques et la culture locale du risque pour une meilleure gestion. Ces journées permettent d'abord de mieux cerner la diversité et la complexité de ce que l'on appelle la « mémoire » ou la « culture du risque ». La richesse des échanges permet ensuite de préciser la cohérence sociale et humaine de comportements qui ont longtemps été considérés comme inefficaces, face aux mesures de prévention préconisés par les gestionnaires institutionnels.

**Mots-clefs.** — catastrophe, inondation, mémoire, perception, gestion des risques, savoir empirique.

**Title.** — *A few instructions drawn from exchanges days in AFPCN's "History-Memory" group*

**Abstract.** — The "History-Memory" group, part of French Association for Prevention of Natural Disasters (AFPCN Association Française pour la Prévention des Catastrophes Naturelles) promotes new ways for sharing information to improve risk management. During several exchanging days in 2003 and 2004, organized exactly where local actors act daily, the objective was to make experiments sharing easier and to exchange about risk history and memory. The objective, in doing this, is to keep the memory alive and to transform empirical knowledge and risk local culture in concrete actions for a better risk management. Firstly, these modern days make it possible to be surrounded by diversity, and the complexity of what is called « risk memory » and « risk culture ». Wealthy exchange then make it possible to clarify social and human behaviors coherence which were usually considered as unefficients compared with prevention measures recommended by institutional managers.

**Key-words.** — disaster, flood, memory, perception, risk management, empirical knowledge.

### 5.1 Introduction

« Il y a une évidence préventive à se remémorer les événements passés plus ou moins lointains. Mais dès qu'on veut dépasser les évidences souvent liées à la culture générale, on se heurte à un certain nombre de difficultés lorsqu'il s'agit de prendre en compte cette information relative aux événements passés et en faire un véritable outil de prévention. Chacun a le sentiment que c'est important, mais comment faire pour arriver à véritablement prendre en compte cette information et l'utiliser au mieux ? » En reprenant ainsi les propos de Denis Cœur (collectif, AFPCN, 2006, p. 20) nous voudrions revenir tout d'abord sur les objectifs du groupe Histoire-Mémoire dans le cadre de l'Association française pour la prévention des catastrophes naturelles (AFPCN). À travers plusieurs journées, en 2003 et 2004, le groupe Histoire et Mémoire de l'AFPCN cherche à encourager de nouveaux modes de partage d'information. L'objectif final est d'utiliser l'histoire pour conserver la mémoire et tenter de traduire la culture vernaculaire du risque en actes dans la gestion des risques. Il s'agit avant tout d'éviter de reproduire des actions déjà menées et d'essayer de contribuer à faciliter les échanges d'information et la communication sur l'histoire et la mémoire du risque en se rendant sur les lieux mêmes où des acteurs locaux agissent, parfois depuis bien longtemps. La richesse de ces journées permet aussi de mieux cerner ce que l'on peut entendre par mémoire(s) et/ou culture(s) locale(s) du risque, en précisant notamment un certain nombre de points communs et de différences issus de l'analyse des apports des différents intervenants.

Enfin, quelques enseignements peuvent être tirés de ces échanges, notamment en cherchant la cohérence sociale et humaine de comportements qui ont longtemps été perçus comme inefficaces, face aux mesures de prévention préconisés par les gestionnaires institutionnels, dont au premier rang desquels se trouve l'État.

### 5.2 Des journées d'échange pour valoriser l'histoire et la mémoire locale des risques

Ces journées Histoire et Mémoire, à Vallon Pont d'Arc le 3 décembre 2003, à Tarascon sur Ariège le 24 juin 2004 et à l'Argentière-La-Bessée le 19 novembre 2004, ont été conçues comme des journées d'échanges et non des séminaires ou colloques scientifiques (figure 5.1). Il s'agit pour le groupe d'apporter un certain nombre d'informations aux personnes présentes et, qu'en retour, ces personnes puissent faire part de leurs expériences et savoirs locaux. Ces journées se



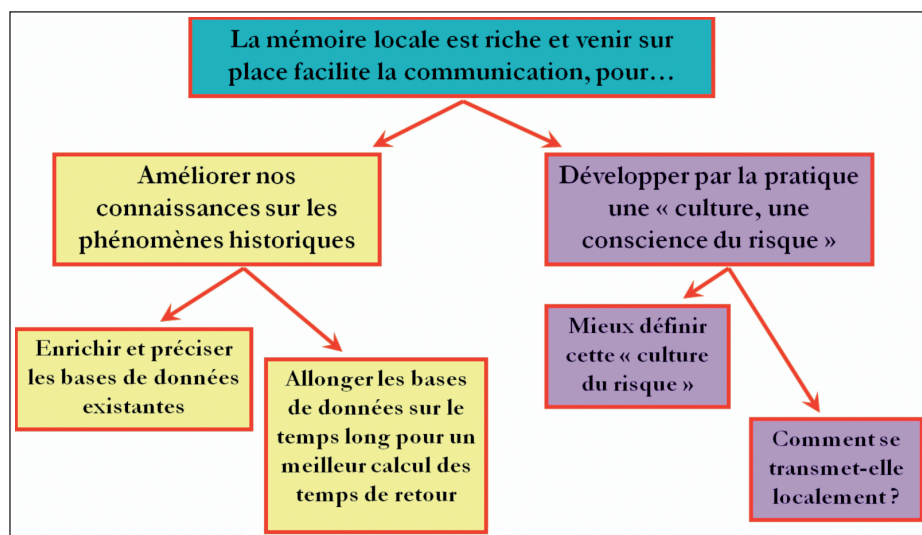


Fig. 5.1 Journées d'échange, plutôt que séminaire scientifique

sont révélées particulièrement riches car elles ont permis la rencontre entre habitants, associations locales, chercheurs et scientifiques (archivistes, historiens, géographes, ingénieurs, hydrologues...), élus locaux et régionaux, gestionnaires locaux (pompiers, syndicats de rivières, services déconcentrés de l'Etat...). Ces échanges se trouvent réunis dans le volume « Histoire, mémoire et prévention des catastrophes naturelles » publié fin 2006 par l'AFPCN, avec le concours du Ministère de l'écologie et du développement durable.

### 5.2.1 Des travaux historiques et pluridisciplinaires qui se développent

De nombreux travaux montrent aujourd'hui la richesse des apports de l'Histoire et de la mémoire vernaculaire des populations pour mieux connaître et mieux prévenir les catastrophes, notamment les inondations (Favier R. & Granet-Abisset A.-M., 2000). Tout d'abord, l'information

historique est indispensable pour améliorer la connaissance des phénomènes physiques (notamment les crues, figures 5.2 et 5.3). Denis Cœur souligne que « sur le plan méthodologique, la démarche associant ingénieur et historien est aujourd'hui au point » (Collectif AFPCN, 2006, p. 20). Disposer d'information sur plusieurs siècles permet de mieux estimer les débits et surtout leur récurrence, d'affiner le calcul des temps de retour. Lucette Davy le soulignait déjà, avec d'autres, en 1990 à l'occasion du colloque de Vernet-Bains organisé 50 ans après le fameux « Aiguat » de 1940 dans les Pyrénées-Orientales (Soutadé G. & Becat J., 1993). La thèse d'Olivier Payrastre (2005), consacrée aux crues extrêmes de petits cours d'eau méditerranéens, souligne encore l'utilité d'une recherche approfondie dans les fonds d'archives locales (Archives départementales, services techniques déconcentrés de l'Etat) pour estimer les débits de pointe des crues des deux derniers siècles. Il apparaît

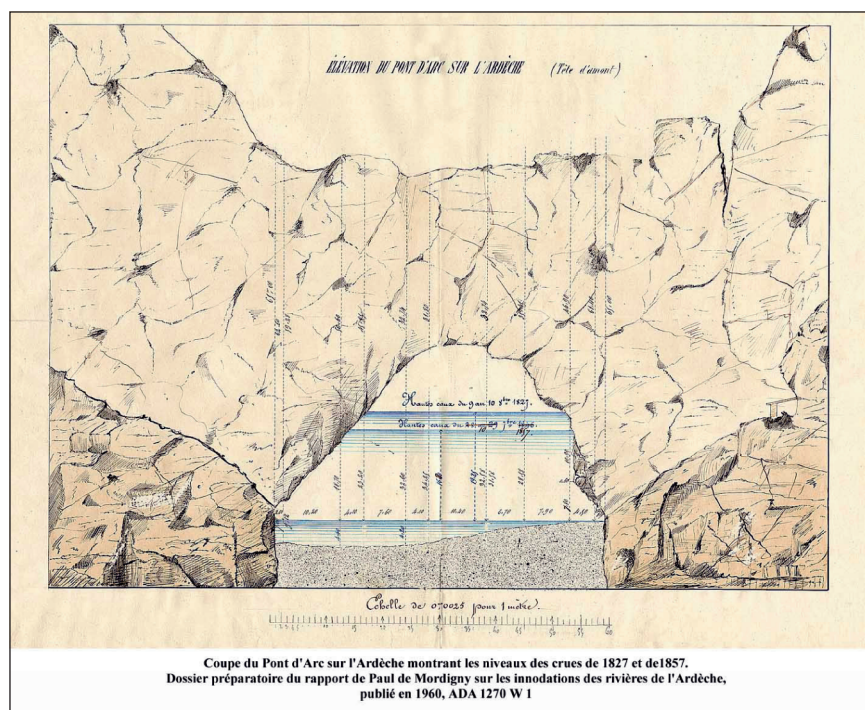


Fig. 5.2 Niveau des crues de l'Ardèche de 1827 et 1857 au Pont d'Arc dans le rapport de l'ingénieur P. de Mardigny (A.D. de l'Ardèche, 1270W1)

ainsi clairement, y compris à grande échelle pour de petits bassins versants, que l'intégration des données historiques réduit considérablement les marges d'erreur de l'ajustement statistiques. Ces marges d'erreur sont en effet considérables dans le cas d'ajustements réalisés par extrapolation de courtes séries systématiques récentes, les données historiques anciennes d'événements exceptionnels étant très rarement en cohérence avec ces ajustements. Les événements passés, classés les uns par rapport aux autres selon leur importance, permettent de construire des échelles de gravité et de mieux définir les événements extrêmes servant de référence pour le dimensionnement des aménagements. Ces données historiques sont également utiles pour crédibiliser des expertises techniques ou des modélisations.



Fig. 5.2 L'Ardèche en crue au Pont d'Arc le 22 septembre 1890 (Syndicat Ardèche Claire)

### 5.2.2 Des difficultés pour valoriser la richesse des Archives

Lors des journées « Histoire, Mémoire », les présentations des responsables de services d'Archives ont bien montré la diversité des documents qui figurent dans la plupart des fonds : archives départementales ou privées, archives de services techniques (comme le service de Restauration des Terrains en Montagne, en Ariège), archives de collectionneurs (cartophiles ariégeois). Les très nombreux supports présentés lors de ces journées (textes, croquis, cartes postales anciennes et photos, plans d'ingénieurs et d'architectes, cartes, expositions reprenant et mettant en situation ces documents) témoignent de la richesse de cette mémoire locale. La valorisation de cette richesse dans un but opérationnel, appliquée à la prévention des risques, se heurte à deux difficultés majeures. La première réside dans l'apport très inégal de ces différentes sources archivistiques selon la recherche poursuivie (étude qualitative, collecte de données chiffrées, etc.). Par exemple, pour les Archives départementales (A.D.), la série C (archives des intendances et des états dans lesquels on trouve nombre de demandes d'indemnités faites sous l'Ancien Régime), la série M (administration générale, économie et politique du département), la série S (travaux publics) et la série O (administration communale), sont particulièrement riches d'informations, sans oublier les documents de la série W, versés après 1940 et en attente d'un classement définitif. L'intérêt de ces documents varie d'une série à l'autre mais aussi d'un département, d'une commune à l'autre. On peut

aussi souligner (hier comme aujourd'hui) le rôle clef joué par des individualités remarquables dont les travaux versés dans tel ou tel fond d'archive se révèlent, des décennies ou siècles plus tard, encore incontournables pour l'étude des catastrophes passées. D. Dupraz, directeur des A.D. de l'Ardèche, cite ainsi l'ingénieur des Ponts-et-Chaussées Paul de Mardigny qui dresse en 1860 un remarquable rapport sur les crues de l'Ardèche, et l'on peut également citer les études menées dans les Pyrénées orientales par l'ingénieur Kolly de Montgazon en 1778 (Desailly B. *in* Broc N. et al., 1992, p. 194).

La deuxième difficulté majeure réside dans le temps nécessaire pour la réalisation des recherches. Si les archives de services techniques (Ponts-et-Chaussées, RTM,...) sont souvent très utilisées et bien connues, les archives privées, les livres de raison, les collections de cartes postales peuvent se révéler une mine d'informations locales. C. Pailhes, directrice des A.D. de l'Ariège, souligne ainsi que « Beaucoup d'autres documents d'archives, non identifiés comme en rapport avec les risques (documents fiscaux, correspondance privée, dossiers de travaux routiers,...) peuvent contenir des mentions de catastrophes auxquelles on ne peut avoir accès qu'au prix d'un dépouillement pièce à pièce, ce qui représente un très long travail. (...) L'état exhaustif des sources des risques naturels en Ariège ou ailleurs est à faire... ». Une méthodologie de collecte rationnelle de l'information a été développée par des historiens et des ingénieurs (Cœur D. et Lang M., 2002).

### 5.2.3 Une culture vernaculaire des risques encore peu valorisée

Outre l'échange d'informations et de savoirs écrits, un autre aspect important des journées « Histoire, Mémoire » concerne ce qu'on appelle la « culture du risque » ou encore la « conscience du risque ». L'expérience personnelle de chacun, les récits transmis oralement en famille et par les proches, la vie professionnelle conduit chacun à être le dépositaire d'un certain savoir sur le risque. C'est la valorisation de l'expérience des populations locales, à travers un partenariat entre les gestionnaires et techniciens d'une part et les sinistrés potentiels d'autre part, qui apparaît aujourd'hui comme un champ prometteur pour améliorer l'efficacité de la prévention. C'est ainsi qu'à travers l'Association des Amis de l'Histoire de Vallon-Pont-d'Arc, une présentation a été faite de la façon dont l'information historique peut être mise en valeur localement ; comment la population locale ancienne peut partager son savoir sur les événements passés remarquables et leurs conséquences avec les nouveaux habitants venus d'autres régions.

Cette mémoire locale est particulièrement dynamique dans la vallée de l'Ardèche et se trouve aujourd'hui enrichie en permanence grâce à des associations. Des sites internet de professionnels de la rivière (club de canoë, bateliers...) et d'amateurs (canyoning, photographes...) diffusent l'information sur les inondations actuelles de manière très pédagogiques (comparaison entre photos de crues et photos d'étiage sur le site <http://vpack.free.fr/local/local.htm>, rubrique crues d'Ardèche) et avec des mises à jour rapides.

La manière dont ces savoirs vernaculaires, cette culture locale des risques peut améliorer concrètement la prévention des risques, l'organisation et la gestion de crise

est également particulièrement importante. Lors des rencontres Histoire-Mémoire, cet aspect est abordé à travers la manière dont les responsables de l'aménagement et de la gestion des crises ont tiré parti et ont intégré cette « culture » dans leur action à partir de leur expérience ou de leur connaissance d'événements anciens.

### 5.3 Des mémoires et des cultures locales du risque

#### 5.3.1 Des mémoires aux caractères spécifiques

Quel bilan de ces journées peut être dressé aujourd'hui ? La richesse des interventions et des échanges à l'occasion de ces journées conduit finalement à parler davantage de mémoires et de cultures locales, au pluriel.

Pourtant, ces mémoires présentent un certain nombre de points communs, de caractères spécifiques. Il s'agit le plus souvent de mémoires portées par des « amateurs », qui se revendiquent comme tels, de mémoires fondées sur l'expérience vécue, diffusées essentiellement sous forme d'anecdotes, de dictons et souvent avec un vocabulaire propre et imagé (OFNI : objet flottant non identifié, « bourdinché » : embâcles de troncs d'arbres et de branchages sur l'Ardèche...). On notera aussi que ces mémoires sont différentes (dans leur forme et leur contenu) selon les acteurs et leurs intérêts. « Pour nous les bateliers, notre seul souci quand la rivière commence à grossir, c'est de mettre nos barques à l'abri. Une fois que nos barques sont hors d'eau, on est tranquille. Après c'est que du plaisir. Éventuellement, s'il y a des crues au printemps, ça nous fera perdre une journée ou deux de travail, mais c'est pas très grave. De toute façon, pendant la crue, on ne navigue pas. Comme on descend toujours à la journée, il y a très peu de chance pour qu'on soit pris par une crue soudaine dans les gorges. Et si jamais ça devait arriver, elle n'aura pas le temps de monter suffisamment haut. Vu qu'elle monte, ça nous permet de descendre plus vite. Donc en principe, on sort au bout et éventuellement on a une sortie à Gournier. Donc pour nous à ce niveau-là, pas de souci ! ». Ces mémoires locales sont aussi liées à la fréquence du phénomène catastrophique évoqué. La préservation de la mémoire devient plus difficile lorsque le temps de retour des événements atteint ou dépasse une génération humaine.

Dans tous les cas, on constate une transmission particulière de la (les) mémoire(s) locale(s) au service de la gestion du risque et du « vivre avec la rivière »... Et c'est en fonction de cet objectif que doivent être comprises certaines caractéristiques particulières de ces cultures locales et de leur formulation. Prenons l'exemple des bateliers de l'Ardèche qui utilisent dans leur récit des repères empiriques, relatifs pour évoquer la montée des eaux de la rivière plutôt que des côtes de niveau d'eau en mètres ou des ordres de grandeur de débit : « Nous, on monte au rocher de Sampzon. De là on peut se rendre compte si l'eau vient de l'Ardèche, de la Baume ou du Chassezac. Si beaucoup d'eau vient des 3 rivières, c'est bon signe pour avoir une grosse crue. Autre repère, l'aérodrome de Ruoms. Coincé entre la Baume et l'Ardèche, il arrive parfois que cet aérodrome se noie, se découvre et puis, d'un seul coup, se noie à nouveau. C'est

signe que la Baume et l'Ardèche ont des petits décalages dans leur crue. Des éléments nous permettent aussi d'évaluer la hauteur que l'eau pourrait atteindre. Pour nous, plus elle va monter vite, plus elle va monter haut. Pour submerger le pont Sampzon, par exemple, il faut qu'elle le fasse en 3 ou 4 heures. Bien sûr, ce n'est pas forcément une règle bien définie. Hier, la montée de crue a mis plus de temps ». L'anecdote du tableau noir est particulièrement significative : « La falaise que l'on appelle « le tableau noir » est un endroit où se forme un drossage que les kayakistes connaissent bien. Le courant vient frapper la falaise à l'extérieur du virage. À divers endroits, il y a des rayures horizontales assez haut dans la falaise. Ces marques ont été faites par des objets flottants non identifiés qui devaient sûrement être agressifs et qui ont laissé des traces de 15 ou 20 mètres de long sur 1 cm de profondeur. On les voit bien. »

Ainsi, l'anecdote tirée de l'expérience vécue, localisée par des repères spatiaux relatifs ne correspond pas à une incapacité d'utiliser des repères absolus ou des données scientifiques mais constitue un outil de communication souvent efficace pour vaincre l'incrédulité de l'interlocuteur et faciliter la transmission de l'expérience et son appropriation par d'autres : « Quand on descend avec des clients, qu'on soit batelier ou moniteur de canoë, les gens ne posent pas forcément des questions sur les crues. Nous, on en parle systématiquement. Quand on descend une rivière qui débite tout au plus 3 ou 4 mètres cubes seconde et qu'on explique qu'elle peut atteindre et dépasser deux mille ou quatre mille mètres cubes, c'est difficile à avaler. Ils ont du mal à nous croire. On montre alors des indices. Ainsi, après le rapide de la Dent Noire, dans une petite faille située à environ une quinzaine de mètres au-dessus de la rivière, un bout de bois a été coincé par une crue. On va pas s'arrêter exprès pour le montrer. Si les gens n'ont pu le voir, on leur en montre un deuxième un peu plus loin placé à peu près au même niveau. En fait, celui-là est un simple arbre mort fiché dans un trou. Mais bon, ils mordent à l'hameçon quand même ! Le message est passé. »

#### 5.3.2 Vivre « avec » le risque

Ces mémoires locales témoignent très largement d'une volonté de « vivre avec le risque », avec la rivière, liée à une perception globale et non sectorielle de la situation. Cela se traduit dans les discours par une perception ambivalente de l'événement, de l'inondation : ses aspects positifs sont aussi nombreux que ses aspects négatifs et doivent être soulignés. Relevons pêle-mêle quelques citations qui illustrent bien ce fait : « Pour nous les bateliers, la crue, on n'y voit pas tellement de danger... », la crue est perçue comme bienfaisante, elle « lave la rivière » et « range les galets », « Moi, je trouve que ça sent bon, et puis la rivière prend une belle couleur », « On reconnaît le bruit, et on sait si l'eau monte même la nuit »... Il est cependant important de relativiser ces discours en rappelant que l'Ardèche faisait des dégâts à Vallon, mais pas de victimes humaines.

Cette mémoire vécue fonde une organisation empirique pour gérer le risque, basée sur une observation attentive de la rivière et la définition de repères relatifs, de signes révélateurs (couleur, bruit, odeur, vitesse, niveau), dont l'interprétation nécessite une longue familiarité avec la



rivière. En témoigne l'anecdote des bouteilles de vin : « Les bateliers ont toujours une grange dans les gorges qui appartient à la famille Labrot Justamon. Elle a longtemps été utilisée pour organiser des fêtes. Certains collègues bateliers avaient l'habitude de faire la bringue dans cette grange. Une fois, sachant que l'Ardèche allait monter, ils disposèrent les bouteilles au pied de la grange, en pensant qu'en montant la crue ferait bouger les bouteilles. Ce bruit indiquerait le moment de partir. Et c'est ce qu'ils ont fait. » On observe ainsi un contraste intéressant entre d'une part des mémoires vernaculaires et empiriques soucieuses d'équilibrer le discours entre aspects positifs et négatifs de l'événement et d'autre part des mémoires institutionnelles et sociétales, nourries par des recherches techniques ou en archives et qui couvrent une durée plus longue.

Ces mémoires locales peuvent être à l'origine d'une organisation empirique face au risque, qui cohabite parfois avec l'organisation réglementaire, les repères relatifs étant cohérents avec les repères absolus... Mais elles ne relèvent pas des mêmes modes d'appropriation et ne se mélangent pas vraiment. Mémoire vernaculaire (temps humain) et mémoire institutionnelle ou archivistique (temps historique plus long) peuvent aussi entrer en conflit, les élus locaux sont à la charnière entre les deux et ont un rôle déterminant, comme l'a bien montré l'intervention du maire de Vallon-Pont-d'Arc, « enfant du pays [qui] connaît bien la rivière et [dont la] maison est en zone inondable ». Ces élus sont en effet à la charnière entre mémoire vernaculaire et mémoire institutionnelle, pratiquant parfois une sorte de « bilinguisme » : ils sont capables de faire le lien entre des souvenirs vécus, des anecdotes (le feu éteint par la crue dans la cheminée au premier étage d'une maison), et la procédure réglementaire de gestion de crise, en proposant des adaptations à bon escient le cas échéant et en expliquant la réglementation de manière à être compris de leurs concitoyens.

Les interventions soulignent également les difficultés qui restent à surmonter. La gestion est complexe du fait de territoires administratifs multiples : les divers réglementations et plans doivent s'articuler sur le terrain (SAGE, contrats de rivière, Natura 2000...), ce qui n'est pas toujours facile et prend du temps. Les maires soulignent souvent l'impossibilité pour leur commune de trouver de l'espace disponible pour de nouveaux projets de développement (déchetterie, station d'épuration) en tenant compte de tous les zonages réglementaires imbriqués : zonage PPR calé sur l'événement extrême, zonages urbains, zonages viticoles (AOC), zones naturelles... Les écarts croissants entre la loi et la pratique sont également source de difficultés, illustrées avec le problème de l'entretien des cours d'eau non domaniaux, qui est théoriquement de la responsabilité des propriétaires riverains, mais de plus en plus prise en charge dans les fait par les syndicats de rivières ou des structures intercommunales.

Par ailleurs, il est aussi important de souligner que, si l'exemple de la vallée de l'Ardèche est assez exemplaire, les conflits d'intérêts peuvent durablement bloquer la situation, comme l'a souligné le maire de Mérens à propos de l'histoire du zonage multirisques sur sa commune, inconciliable avec le développement économique. La culture locale du risque ne suffit pas mais elle contribue à une meilleure gestion du

risque, en décryptant parfois les évolutions ou les conflits passés. Elle est d'autant plus efficace qu'elle se combine avec l'économie. Ainsi, en Ardèche, il a été souligné que, dans le passé, les terres agricoles inondables étaient suffisamment rentables pour que la pression urbaine n'y touche pas, ce qui n'est plus le cas aujourd'hui.

#### 5.4 Mémoires et cultures locales pour quoi faire ?

Cette culture du « vivre avec » se traduit par une volonté locale forte des populations de préserver un équilibre entre aspects positifs et négatifs en parlant de la rivière, y compris dans la communication sur les risques. Cela explique notamment les difficultés d'appropriation par les acteurs locaux des discours institutionnels sur les risques et leur prévention, perçus comme trop négatifs (informations préventives au sein des campings par exemple).

La perception positive de la crue ne correspond pas à un déni de l'événement ou de sa dangerosité mais bien plutôt à l'usage social de la crue ou de la catastrophe : elle est l'occasion de resserrer les liens entre les membres de la communauté à travers une expérience commune et partagée (« la crue, c'est quelque chose d'intéressant, un événement qu'on va voir »), voire une épreuve surmontée en commun. C'est ainsi que l'association « Ricordate » (créée en 2002 pour tirer de l'oubli la catastrophe du 23 mars 1939 qui fit 30 morts parmi les ouvriers italiens du chantier du barrage hydroélectrique d'Izourt, dans la haute vallée de Vicedessos) illustre bien cette importance du lien humain tissé autour d'un événement dramatique et la réappropriation sociale d'une catastrophe. Cette association a réalisé un court métrage, ainsi qu'un livre, pour tirer ce drame de l'oubli et a participé aux cérémonies de commémoration organisées il y a quelques années en France, après avoir retrouvé et invité des familles italiennes des victimes.

La communication institutionnelle et scientifique sur les risques est souvent perçue comme trop négative, source de conflit plus que d'union. Elle est ressentie comme tendant à minimiser le lien social, l'échange, les connaissances locales et empiriques ainsi que les capacités locales de mobilisation face à l'événement. Faire une part aux aspects positifs de la crue dans la communication sur le risque et l'information du public serait ainsi perçu comme la reconnaissance de la place occupée par la rivière dans le quotidien des habitants.

Il ressort clairement de tout cela que la communication et le partage d'expérience sont bien au cœur de la démarche de constitution de mémoire(s) locale(s). L'importance de l'échange est ainsi soulignée car la culture du risque passe par des pratiques quotidiennes. Le temps de la discussion, des échanges apparaît aux acteurs locaux comme un moment essentiel pour que l'information passe, que le bilan d'un événement puisse être fait correctement : « ce qui est positif, c'est de trouver ensemble la solution pour pouvoir pallier aux problèmes, s'adapter ». Dès lors, les démarches scientifiques ou techniques peuvent être mal perçues si elles ont tendance à minimiser le lien social, réduire le temps d'échange et de discussion. En effet,

les acteurs locaux sont conscients du fait que travailler ensemble dans un but commun permet de développer des habitudes et d'échanger des informations qui seront utiles dans la gestion de crise. Dans ce cadre, les données historiques facilitent la communication et le travail en commun, ainsi que la lutte contre l'oubli dans les périodes de calme.

On remarque aussi qu'il est très difficile pour des acteurs travaillant beaucoup à l'information du public d'admettre que des personnes soient encore mal informées et s'en plaignent. Ces plaintes sont largement ressenties comme une remise en cause de leur travail, beaucoup plus que comme le signe de l'énormité de la tâche restant à accomplir... et toujours à recommencer avec le temps qui passe, les générations qui se succèdent et la mobilité croissante des populations.

## 5.5 Bibliographie

- BROC N., BRUNET M., CAUCANAS S., DESAILLY B., VIGNEAU J.P. (1992) — *De l'eau et des hommes en terre catalane* — Llibres del Trabuçaire éd., Perpignan, 269 p.
- CŒUR D., LANG M., PAQUIER M. (2002) — L'historien, l'hydraulicien et l'hydrologue et la connaissance des inondations — *La Houille Blanche, revue internationale de l'eau* (4/5), pp. 61-66.
- CŒUR D., DAVOINE P.-A., LANG M. (2003) — *Un système d'information pour la connaissance historique des inondations : premières spécifications dans le cadre du projet européen SPHERE* — Colloque SIRNAT-JPRN Orléans 2003, 7 p.
- COLLECTIF, AFPCN (2006) — *Histoire, mémoire et prévention des catastrophes naturelles* — Publications de l'AFPCN, Paris, 256 p.
- FAVIER R., GRANET-ABISSET A.-M., dir. (2000) — *Histoire et mémoire des risques naturels* — Publications de la MSH-Alpes, Grenoble, 281 p.
- MESCHINET DE RICHEMOND N. (2003) — Statut et perception des catastrophes passées : vers une histoire géopolitique des risques naturels, in V. Moriniaux (coord.), *Les Risques*, éditions du Temps, Nantes, pp. 138-156.
- PAYRASTRE O. (2005) — *Faisabilité et utilité du recueil de données historiques pour l'étude des crues extrêmes de petits cours d'eau ; étude du cas de quatre bassins versants affluents de l'Aude* — Thèse de doctorat en Sciences et techniques de l'environnement — Cereve ENPC, Champs-sur-Marne, 390 p.
- SOUTADÉ G ET BECAT J., dir. (1993) — *L'Aiguat del 40 : les inondations catastrophiques et les politiques de prévention en Méditerranée nord-occidentale* — Actes du colloque de Vernet-les-Bains « les inondations d'octobre 1940 en Catalogne : 50 ans passés », 18-20 octobre 1990, Université de Perpignan, Université Paris X-Nanterre, Generalitat de Catalunya, Barcelona, 484 p.

## 6 Les risques de l'évolution rapide du trait de côte au Gabon : l'exemple de Port-Gentil

Emmanuel ONDO ASSOUMOU

Post-doctorant UMR 6012 ESPACE-CNRS – Université Paul-Valéry – Montpellier III

Maison de la Géographie, 17 rue Abbé de l'Épée, 34090 Montpellier

Ondoassoumou@yahoo.fr

**Résumé.** — La côte de Port-Gentil au centre-ouest du Gabon n'est pas épargnée par un processus d'érosion de plus en plus présent. Les mesures effectuées à partir de documents datant 1961 à 2003 sur les deux façades de la presqu'île attestent une érosion critique à l'échelle locale surtout au sud, à Ozouri et au nord, au Cap Lopez et sur l'île aux Pigeons. Une telle évolution ne va pas sans poser de problèmes, notamment au niveau des infrastructures pétrolières, touristiques et de la diversité végétale.

**Mots-clés.** — érosion côtière, risque naturel, données historiques, Gabon, Port-Gentil.

**Title.** — *Risks of rapid changes in coastal features in Gabon : the Port-Gentil case study*

**Abstract.** — The coast of Port-Nice with the mid-west of Gabon is not saved by a process of erosion increasingly present. The measurements taken starting from documents dating 1961 to 2003 out of the two frontages from the peninsula especially attest a critical erosion on a local scale in the south, in Ozouri and north, in the Cape Lopez and on the island with the Pigeons. Such an evolution does not go without posing problems, in particular on the level of the oil, tourist infrastructures and vegetable diversity.

**Key-words.** — coastal erosion, natural hazard, historical database, Gabon, Port-Gentil.

### 6.1 Introduction

Depuis plusieurs décennies, les travaux portant sur la dynamique côtière ont largement montré le caractère mobile, à différentes échelles de temps, des flèches littorales. Nombreux sont également les travaux montrant l'ancienneté des mesures de protection mises en place par les sociétés humaines. Dans de nombreux pays, dont la France, des archives anciennes permettent une étude avec un recul historique conséquent. Cependant, l'approche est nécessairement différente lorsque les données anciennes manquent comme au Gabon. Or, la côte de Port-Gentil au centre-ouest du Gabon n'est pas épargnée par un processus d'érosion de plus en plus présent. La ville de Port-Gentil est située dans la partie orientale d'une flèche sableuse d'environ 7 km de

large formant une presqu'île, au centre-ouest du Gabon. Cette flèche comprend deux ensembles de cordons sableux, des cordons plus anciens à l'est de direction est-ouest et des cordons plus récents à l'ouest d'orientation sud-est/nord-ouest. Nous cherchons à caractériser les transformations physiques du trait de côte grâce à l'analyse diachronique de photographies aériennes et d'images satellites prises entre 1961 et 2003, et les risques potentiels pouvant affecter l'ensemble de la presqu'île.

### 6.2 Les sources de la recherche

Contrairement à certains pays, comme la France, où l'on trouve des données d'archives sous forme de textes ou de cartes datant de plusieurs siècles, au Gabon, ce type de documents est extrêmement difficile à obtenir.

Afin de couvrir toute la région d'étude, ont été utilisées deux cartes topographiques (au 1 : 200 000 de 1961 et au 1 : 50 000 de 1990 disponibles à l'IGN et à l'Institut National de Cartographie à Libreville), des photographies aériennes de deux types (l'un en mode panchromatique pour les toutes premières missions réalisées en Afrique Equatoriale Française (A.E.F.) en 1955, 1957-58, 1960 et les missions GAB 1982-83, et l'autre en couleur pour la mission GAB de 1985) et enfin des images satellites (deux images radar de 1981 et 1997), deux images Landsat de 1990 et 2001 et une image Spot de 2003). Ces documents ont été numérisés puis géoréférencés par rapport au Système UTM (Universal Transversal Mercator WGS 84, zone 32 hémisphère sud, Ellipsoïde de Clarke 1880).

Pour parvenir à une meilleure compréhension de l'évolution de la côte de Port-Gentil, nous avons réalisé cinq cartes correspondant à cinq périodes : 1961-1981, 1981-1990, 1990-1997, 1997-2001 et 2001-2003. La comparaison entre les différentes périodes s'appuie sur la situation du trait de côte en 1961 considérée comme carte de base. Ainsi, le choix du lieu du « tracé d'observation » est fonction de la situation de la carte de 1961 (secteur en accretion ou en érosion).

### 6.3 Présentation de la région d'étude

#### 6.3.1 Contexte physique

La presqu'île Mandji ou de Port-Gentil comprend deux façades, une façade océanique à l'ouest et une façade deltaïque à l'est. La première s'étend du nord au sud entre la

Pointe du Cap Lopez située à 20 km de la ville, et l'embouchure du plus grand fleuve du Gabon, l'Ogooué, à Ozouri à environ 50 km. La façade deltaïque s'étire sur environ 20 km entre le Cap Lopez et le village Ntchengué au sud-est (figure 6.1).

Elle offre une diversité de milieux physiques : marais à mangroves, plaine herbeuse entrecoupée de bandes ligneuses dominées par *Melaleuca leucadendron* (Myrtaceae), *Chrysobalanus icaco* (Chrysobalanaceae) et *Syzygium guineense* Willd (Myrtaceae) (Ondo Assoumou, 2006), des plages de sables blancs, des estrans sableux, des cordons littoraux moins hauts, des lacs...

La topographie est très basse n'excédant pas 5 m de haut à l'intérieur de la plaine de la presqu'île Mandji et 2 m sur les cordons littoraux récents de la façade océanique. On estime donc que Port-Gentil se trouve à 4 m au-dessus du niveau de la mer (Ministère de l'Économie Forestière, 2005).

L'un des plus beaux paysages à voir dans cette région est l'orientation et la succession de longs cordons littoraux dont on observe deux systèmes (Giresse, 1969), des faisceaux plus anciens à l'est, de direction tantôt est-ouest, tantôt sud-ouest/nord-est (4000 - 2000 ans B.P.) et des faisceaux plus récents de direction sud-est/nord-ouest (2000 - 0 actuel). La multiplicité de ces faisceaux s'expliquerait essentiellement par les changements de l'orientation et de l'angle d'incidence des courants marins sud-nord (Ondo Assoumou, 2006).

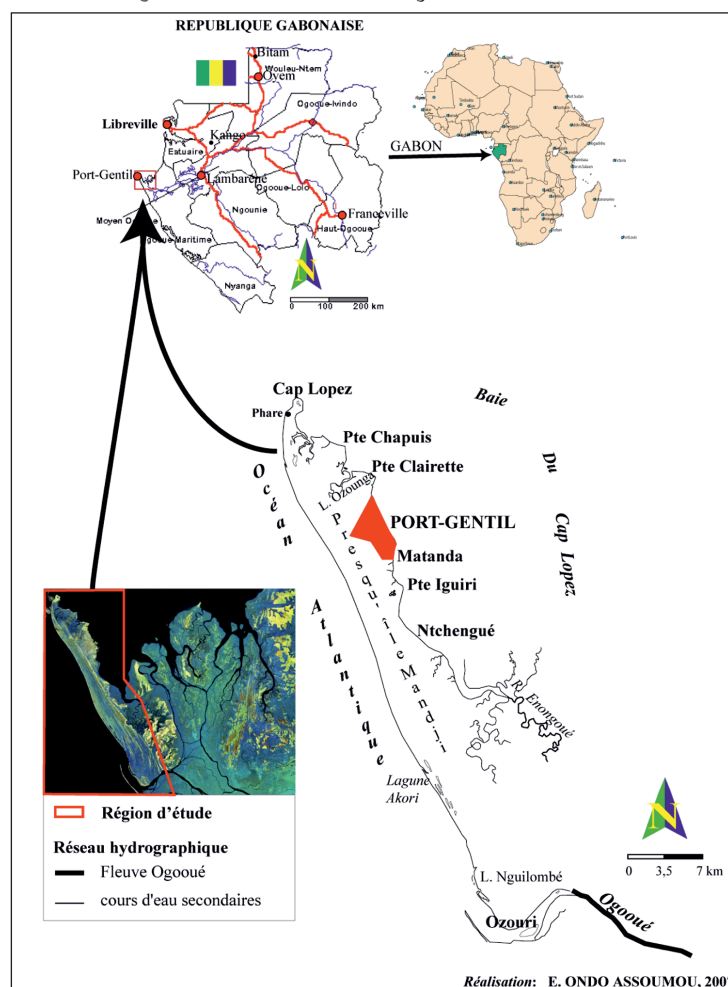
La circulation de l'eau est représentée par un réseau de canaux artificiels issus de l'aménagement des anciens ruisseaux et des chenaux de marée. Il existe également dans des dépressions des cordons littoraux des drains, des résurgences, des étangs, des mares et des lacs.

### 6.3.2 Port-Gentil et ses activités

Port-Gentil est la deuxième grande ville du Gabon après Libreville (capitale politique) avec environ 150 000 habitants. Elle est surtout connue par l'importance de ses activités économiques, notamment l'exploitation pétrolière et forestière. L'exploitation du pétrole a commencé en 1956 avec la découverte du premier champ à Ozouri. Les installations pétrolières, raffinerie et port, sont localisées au Cap Lopez. La plaine Mandji est d'ailleurs traversée par de nombreux pipe-lines reliant les différents champs de pétrole de la région au port.

Port-Gentil comprend deux sites touristiques très intéressants, un au Cap Lopez à côté des installations pétrolières et l'autre à Ozouri. Les plages de sables blancs attirent de nombreux touristes passionnés de plongée sous-marine et de promenade en voiture à marée basse. Au Cap Lopez, on peut aussi visiter le vieux Phare construit en 1911. On trouve des bungalows, des motels et des villages de pêcheurs au Cap Lopez.

Fig. 6.1 Localisation de la région d'étude



## 6.4 Les transformations physiques de la côte de Port-Gentil

### 6.4.1 Sur la façade océanique (figure 6.3)

De 1961 à 2003, la façade océanique a connu une évolution morphodynamique marquée par la prédominance des phases d'érosion sur les phases d'accumulation (tableau 6.1 et figure 6.2). Ce bilan morphodynamique est dans l'ensemble négatif, car sur sept « tracés d'observation », deux seulement montrent une progression. Les secteurs fortement érodés sont situés aux deux extrémités de la façade océanique de la presqu'île, à l'embouchure de l'Ogooué à Ozouri au sud et dans le secteur du canyon sous-marin du Cap Lopez au nord à proximité du phare et des installations pétrolières. On distingue :

- Un processus d'érosion illustré par un recul maximal d'environ 930 m en 42 ans soit un recul moyen annuel de 22 m/an dans la Zone 2 sur le T2 à Ozouri, et de 683 m sur le secteur du canyon sous-marin (T6) soit un recul de 16 m/an. Aux autres points d'observation, le recul observé est minime (T1, T3 et T5, environ -1 et -4 m/an).
- Un processus d'accrétion entre les deux extrémités de la presqu'île où la côte s'est légèrement engraisée en sable. La progression, certes moins forte que l'érosion dans T2 et T6, est réelle, de l'ordre de 4 à 8 m/an sur T4 et T7.

En définitive, on constate une reprise de l'érosion entre 2001 et 2003 aux points T1, T2, T5 et T6 qui, lors d'observations antérieures étaient marqués par une phase d'accumulation. Cette reprise de l'érosion est prise au sérieux par les responsables de la compagnie pétrolière Total-Gabon.

| Zones  | N° tracés | 1961-1981 | 1981-1990 | 1990-1997 | 1997-2001 | 2001-2003 | Bilan (1981-2003) | Largeur moyenne m/an |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|----------------------|
| Zone 1 | T1        | -120      | 220       | 50        | 24        | -255      | -79               | -1,88                |
| Zone 2 | T2        | -290      | 210       | -520      | -110      | -220      | -930              | -22,14               |
| Zone 3 | T3        | -230      | 140       | 40        | -100      | -20       | -170              | -4,04                |
|        | T4        | -100      | 30        | 105       | 26        | 140       | 201               | 4,79                 |
| Zone 4 | T5        | 230       | -80       | 120       | -20       | -312      | -180              | -4,28                |
|        | T6        | -150      | -43       | -70       | -80       | -340      | -683              | -16,26               |
|        | T7        | 110       | 200       | -90       | 28        | 128       | 376               | 8,95                 |

Tableau 6.1 Évolution de la façade atlantique entre 1961 et 2003

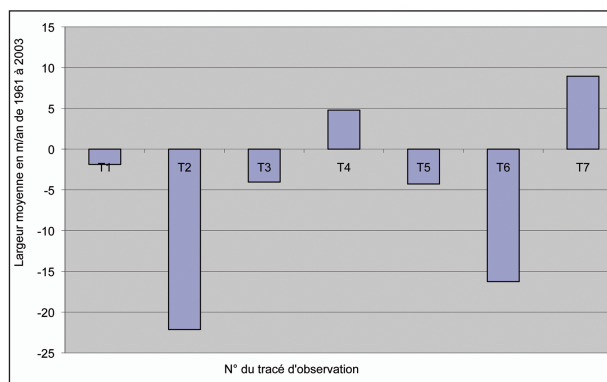


Fig. 6.2 Comparaison de l'évolution moyenne du trait de côte de la façade océanique de 1961 à 2003

L'observation de la carte topographique de 1961 et des différentes images satellites utilisées (figure 6.3) montre que l'embouchure de l'Ogooué à Ozouri est en pleine mutation morphologique. Deux processus vont se succéder, d'une part la construction d'une flèche sableuse qui progresse vers le nord de la presqu'île, et d'autre part la naissance probable d'une nouvelle lagune qui se mettra en place entre cette flèche sableuse et la presqu'île.

### 6.4.2 Sur la façade deltaïque (figure 6.3)

Contrairement à la façade océanique, la façade deltaïque est caractérisée par la présence de nombreux chenaux de marée. Afin de saisir leurs dynamiques, nous avons étudié l'évolution de la largeur des lits à l'embouchure et les surfaces de l'île aux Pigeons. Nous avons dessiné des polygones à chaque date d'enregistrement, puis calculé la surface correspondant à chacune de ces îles. Les différentes surfaces obtenues ont alors été comparées entre elles pour voir l'évolution.

Cette évolution est caractérisée par un bilan morphodynamique plutôt équilibré dans l'ensemble entre les phases d'accrétion et les phases d'érosion. On trouve (tableau 6.2)

- des secteurs d'érosion à la Pointe Chapuis T4 et T5 dans la zone B, la Pointe Iguri T6 et T8 dans la zone C. Sur ces secteurs, le recul de la côte est de l'ordre de 1 à 5 m/an (contre un maximum de 16 à 21 m/an sur la façade océanique);
- des secteurs en progression, répartis sur toute la façade deltaïque où l'accumulation varie entre 1 et 17 m/an.



| Zones  | N° tracés | 1961-1981 | 1981-1990 | 1990-1997 | 1997-2001 | 2001-2003 | Bilan (1981-2003) | Largeur moyenne m/an |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|----------------------|
| Zone A | T1        | 50        | 450       | 300       | 210       | -290      | 720               | 17,14                |
|        | T2        | 60        | 370       | -220      | 68        | 11        | 288               | 6,86                 |
| Zone B | T3        | 53        | 311       | -200      | 10        | 17        | 191               | 4,55                 |
|        | T4        | -170      | 280       | -140      | 63        | -42       | -209              | -4,98                |
|        | T5        | -60       | 250       | -167      | 79        | 125       | 227               | 5,40                 |
| Zone C | T6        | 109       | -45       | -91       | 34        | -9        | -2                | -0,04                |
|        | T7        | 24        | -113      | 231       | -91       | 118       | 169               | 4,02                 |
|        | T8        | 93        | -141      | 16        | 34        | -93       | -91               | -2,17                |
| Zone D | T9        | 20        | 170       | -90       | 40        | 200       | 340               | 8,09                 |
|        | T10       | 140       | 110       | -40       | 14        | 180       | 404               | 9,69                 |

Tableau 6.2 Évolution diachronique du trait de côte de la façade deltaïque de Port-Gentil entre 1961 et 2003

Les embouchures ont également été modifiées au cours de ces périodes. Nous avons effectué des mesures sur 3 rivières (tableau 6.3) afin de déterminer s'il y a eu resserrement (accrétion) ou élargissement (érosion) des lits. Les résultats statistiques montrent un resserrement des embouchures, ce qui signifie que la sédimentation l'a emporté sur les départs de matériel. Dans des secteurs colonisés par les mangroves, les Rhizophora favorisent le piégeage des sédiments grâce à leurs racines échasses.

L'observation de la carte de l'évolution du trait de côte (figure 6.3) montre que les tracés des chenaux de marée et des rivières sont instables et mobiles en permanence. L'évolution des surfaces des îles est également remarquable (tableau 6.4). Sur l'île aux Pigeons, on peut observer une phase érosive du côté mer (ce que confirment nos observations de terrain). Les perturbations sont significatives sur les groupements végétaux, notamment la destruction des mangroves et des herbacées sous l'effet des courants marin.

| Zones  | Rivières (N° tracés)   | 1961 | 1981 | 1990 | 1997 | 2001 | 2003 | Résultats    |
|--------|------------------------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| Zone A | Trois Rivières (Emb 1) | 870  | 362  | 280  | 294  | 330  | 240  | Resserrement |
| Zone B | R. Ozounga (Emb 2)     | 210  | 282  | 370  | 250  | 347  | 190  | Resserrement |
| Zone D | R. Endougou (Emb 3)    | 1970 | 1643 | 1480 | 1550 | 1570 | 1410 | Resserrement |

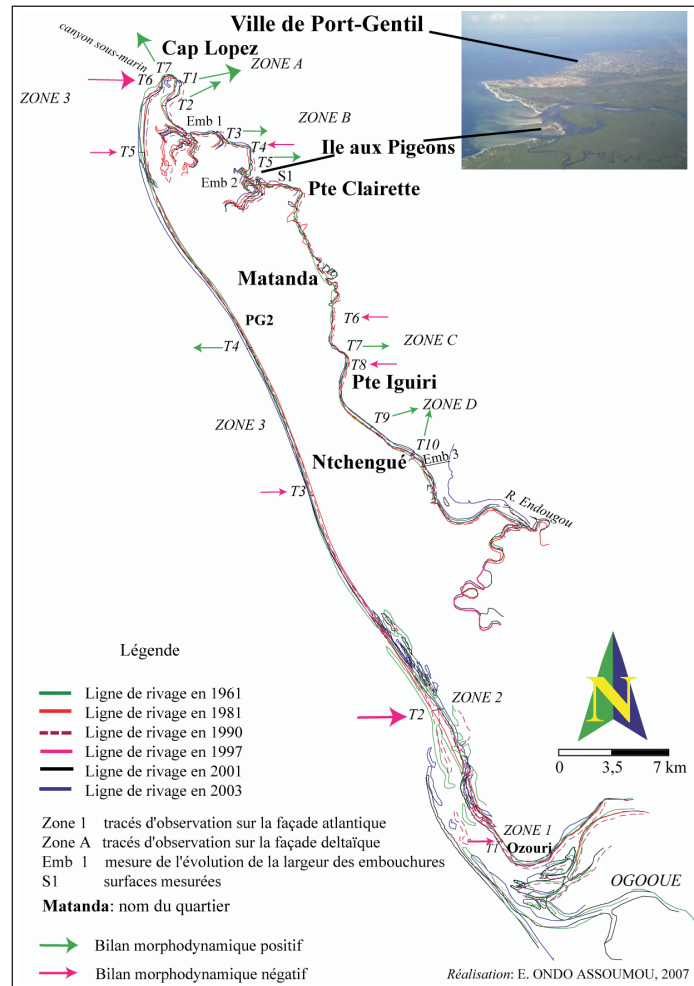
Tableau 6.3 Évolution de la largeur (m) des embouchures des rivières de la façade deltaïque de Port-Gentil

| Zone   | Île                   | 1961 | 1981 | 1990 | 1997 | 2001 | 2003 | Résultats  |
|--------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------------|
| Zone B | Île aux Pigeons (km²) | 0,05 | 0,03 | 0,12 | 0,7  | 0,45 | 0,14 | diminution |

Tableau 6.4 Évolution des surfaces des îles de la façade deltaïque de Port-Gentil



Fig. 6.3 Synthèse globale de l'évolution morphodynamique de la presqu'île Mandji



## 6.5 Les risques probables liés à l'évolution rapide de la presqu'île Mandji

La position particulièrement instable de Port-Gentil, construite sur un sol essentiellement sableux et entourée par les eaux, condamne la ville à faire face aux différentes modifications actuelles et futures pouvant intervenir sur chacune des deux façades. Le phénomène du changement climatique global est un sujet d'actualité à l'échelle planétaire, et les côtes du Gabon sont concernées. On prévoit une augmentation des températures atmosphériques au Gabon en moyenne de 0,9 à 2°C à l'horizon 2050 et 2100 et des précipitations plus importantes. L'une des conséquences est l'élévation du niveau marin qui pourrait se situer entre 18 et 50 cm (ministère de l'Économie forestière, 2005).

La presqu'île Mandji est une région à risque car l'élévation du niveau de la mer accentuera les actions mécaniques des courants marins, des marées et des vagues (Mombe Nguéma, 2000). Actuellement les secteurs vulnérables sur la presqu'île sont Ozouri au sud, le Cap Lopez au nord et l'île aux Pigeons située sur la façade deltaïque. Les conséquences toucheront à la fois les activités socio-économiques et l'environnement physique, notamment la diversité végétale. S'agissant d'abord des activités socio-économiques, on notera que, sur le Cap Lopez, l'érosion menace les installations pétrolières et les sites touristiques tels que le Phare.

Situé à proximité de la mer et du canyon sous-marin, le pied du Phare est sérieusement attaqué. Il est d'ailleurs vivement recommandé aux visiteurs de ne plus y entrer. La compagnie pétrolière Total-Gabon surveille de son côté l'évolution de la courbe de niveau +2 m, qui pour elle est un seuil en dessous duquel il ne faut pas descendre.

Enfin l'élévation du niveau de la mer va entraîner des remontées fréquentes d'eau salée. Déjà, en 2006, les populations de Port-Gentil ont été privées d'eau potable pendant une semaine, car la station de pompage Mandorové située à 32 km de la ville a été envahie par l'eau salée.

Au niveau de l'environnement physique, à Ozouri, si le niveau de la mer s'élève, la flèche sableuse encore en pleine construction pourrait être détruite par les courants marins et les courants fluviaux pendant les grandes crues. Or, la construction de cette flèche sableuse, en isolant une lagune, serait un atout pour le développement des mangroves très limitées sur ce secteur. La vulnérabilité de cette flèche sableuse est liée au fait qu'elle est constituée d'un seul cordon sableux peu épais, bas et non encore colonisé par la végétation.

Sur l'île aux Pigeons, les actions mécaniques de la mer se font clairement sentir. En effet, avant 2004, cette île était habitée par des pêcheurs qui avaient construit des cases. Depuis cette année, sous l'effet destructeur de l'érosion marine, l'île est abandonnée. De plus, les mangroves sont détruites, arrachées par les courants marins.

Si l'élévation du niveau marin entraîne l'intrusion marine dans la nappe phréatique de la plaine de Mandji, cette situation favorise aussi l'expansion de *Melaleuca leucadendron* (Myrtaceae). Cette plante, hygrophile, héliophile et adaptée aux eaux saumâtres, a été introduite à Port-Gentil par des missionnaires catholiques vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle (Fromard et al. 1994). La conséquence aujourd'hui est que cette plante, très conquérante, avance plus rapidement que des ligneux autochtones et envahit les savanes herbeuses. Cette conquête se fait surtout à la fin de la saison sèche au mois de septembre alors que les herbacées sont détruites soit par les feux de brousse, soit par la sécheresse. Les *Melaleuca leucadendron* adultes disséminent leurs graines légères dans la zone de contact avec les savanes herbeuses. Ainsi dès les premières pluies, ces graines vont rapidement pousser perturbant ainsi la régénération des herbacées et formant ici une zone de contact très épaisse dominée par de jeunes *Melaleuca leucadendron* (Ondo Assoumou, 2006). Sur la façade deltaïque où se trouve le cœur de la ville de Port-Gentil, on peut craindre toute élévation du niveau de la mer, car le risque d'inondation est prévisible. Les canaux d'évacuation d'eau se remplissent souvent lors des pluies et les grandes marées entraînent l'inondation des quartiers. Si le niveau de la mer monte, ces canaux ne pourront plus évacuer l'eau.

## 6.6 Conclusion

L'érosion de la côte de Port-Gentil s'est accélérée depuis 2001 et risque d'être irréversible entraînant des conséquences graves pour le milieu physique riche et divers (mangroves, plaines herbeuses et ligneuses, estran sableux) et humain (industries et tourisme). Les secteurs les plus vulnérables sont Ozouri à l'extrême sud (recul moyen de 22 m/an entre 1981 et 2003), le Cap Lopez à l'extrême nord, l'Île aux Pigeons et la ville sur la façade deltaïque. La prise en compte de ces risques d'érosion et d'inonda-

tion est encore faible. Aujourd'hui, seuls quelques secteurs, notamment les sites de Total-Gabon et de la cité des cadres des compagnies pétrolières bénéficient d'une protection et d'une surveillance. La dynamique de cet espace côtier, l'accélération de l'érosion ces dernières années dans un contexte prévisible d'élévation du niveau marin nécessiteraient un suivi plus approfondi. Ce suivi est d'autant plus indispensable que la vulnérabilité des sites industriels, touristiques et urbains proches est forte, nombre d'enjeux ayant été construits dans l'ignorance de la mobilité locale du trait de côte. La collecte de données fiables sur un temps significatif constitue la première étape d'une bonne gestion future des risques littoraux dans cette région.

## 6.7 Bibliographie

- FROMARD F., FONTES J., LOUIS A. (1994) — *Structure et dynamique des mangroves de la région de Port-Gentil — Gabon. Analyse de l'impact de l'activité pétrolière*, Libreville, Rapport scientifique à la demande de Elf-Gabon, 52 p. + annexes.
- GIRESE P. (1969) — Carte sédimentologique des fonds sous-marins du delta de l'Ogooué, *Cahiers Océanographiques*, n°10, pp. 965-994.
- MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE FORESTIÈRE, DES EAUX, DE LA PÊCHE, CHARGÉ DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA PROTECTION DE LA NATURE (2005) — *Communication nationale sur les changements climatiques*, Gabon, 144 p.
- MOMBE NGUÉMA J. (2000) — *Le traitement de l'érosion marine sur la côte septentrionale du Gabon, de l'embouchure de l'Ogooué à l'Estuaire du Mouni*. Thèse de doctorat de géographie, Université de Nantes, 625 p.
- ONDO ASSOUMOU E. (2006) — *Dynamique des paysages végétaux du littoral centre-ouest du Gabon autour de Port-Gentil : approche spatiale et analyse des données de terrain* — Thèse de doctorat, Université Montpellier III, 301 p.

## Partie 3

Des archives intégrées dans la gestion réglementaire  
actuelle des risques



Depuis quelques années, les données historiques sont de plus en plus utilisées dans un but opérationnel pour améliorer la gestion des risques. Le recours aux archives a été formalisé pour la cartographie réglementaire des risques en France à travers la procédure des PPR et plusieurs programmes d'études pluridisciplinaires se penchent sur les modalités de valorisation des données anciennes en fonction des contraintes des spécialités des utilisateurs (hydrologues, météorologues, services d'alerte et de secours...). Les bureaux d'étude se réfèrent également aux documents d'archives pour mener à bien les missions qui leurs sont confiées par les collectivités locales. Les historiens, les géographes, les ingénieurs s'appuient sur la richesse de ces fonds pour mieux gérer une très large palette de risques tant naturels (inondations) qu'hérités du passé industriel. Les archives permettent aussi une remise en perspective des situations conflictuelles par la compréhension des jeux d'acteurs et des points de blocage à la lumière du contexte historique qui les a produits.





## 7 Des archives pour « prédire » le risque : cas du bassin de la Largue (Haut-Rhin, France)

Lauriane WITH

*Doctorante en Histoire,*

*Université de Haute Alsace*

*3, rue de la Largue 68210 Altenach*

laurianewith@hotmail.com

**Résumé.** — La prise en compte des données historiques en matière de prévention est encore insuffisante, bien qu'une nette amélioration ait été constatée au cours des dernières années. L'information, la prévention et la protection des populations contre le risque d'inondation passent nécessairement par une bonne connaissance de celui-ci. Pour ce faire, il incombe à l'historien d'intervenir et d'entreprendre une véritable enquête dans les archives et auprès des différents acteurs du risque pour reconstituer l'histoire des événements passés. Il s'agit d'utiliser ces expériences passées pour mieux se protéger des événements dommageables qui pourraient survenir aujourd'hui comme demain. Nous montrerons toute l'importance de la recherche historique et du rôle de l'historien en matière de prévention par le biais de l'exemple du Plan de Prévention des Risques (PPR) de la vallée de la Largue, où a émergé une véritable culture du risque fondée sur la transmission intergénérationnelle de la connaissance et de la mémoire du risque.

**Mots-clés.** — Aléa inondation, enquête historique, retour d'expérience, mémoire collective, culture du risque.

**Title.** — *Archives to « predict » the risk : for example, the Largue's basin (Haut-Rhin, France)*

**Abstract.** — The consideration of the historical data in the prevention of floods is still insufficient, although an improvement was noticed during the last years. In order to provide valuable information, prevention and protection of the population against the risk of flood we must have a reliable knowledge about it. That's why, the historian intervenes and leads an investigation in archives and with the various actors of the risk to reconstruct the history of past events. It consists in using these past experiences to protect the population better from harmful events which could arise today as tomorrow. We shall show all the importance of the historical research and the part played by the historian as far as prevention is concerned, by means of the example of Largue, a valley where a real culture of risk based on the intergenerational transmission of the knowledge and the memory of the risk awareness appeared.

**Key-words.** — Flood hazard, historic investigation, lessons learned, collective memory, culture of risk awareness

Jusqu'à présent, les archives étaient souvent utilisées dans un but informatif, elles jouent aujourd'hui un grand rôle en matière de prévention (Moriniaux, 2003 et Veyret, 2004). Ce passage de l'information à la prévention est visible notamment à travers l'historique des événements dommageables figurant dans les notes de présentation des Plans de Prévention des Risques (PPR).

Les PPR, institués par la loi Barnier du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, ont pour objectif la prise en compte des risques naturels dans l'aménagement et le développement du territoire, ainsi que la protection des personnes et des biens (MATE & METL, 1999). Les PPR visent à anticiper et à limiter les conséquences des risques naturels. Ils constituent aujourd'hui, l'un des instruments essentiels de l'action de l'Etat en matière de prévention des risques naturels (Conseil Général du Haut-Rhin, 2005).

L'analyse du rôle des archives dans la gestion du risque permet de poser la question de la place du « détour » historique dans l'élaboration d'un PPR.

En Alsace, la Largue est le premier cours d'eau à avoir été doté d'un tel document, le 5 novembre 1998, ce qui amène obligatoirement le chercheur à s'interroger sur les raisons du choix prioritaire de ce site au regard des événements historiques et des risques encourus.

### 7.1 Le PPR de la Largue : un PPR original...

#### 7.1.1 Présentation de la Largue

Petite rivière du sud du département du Haut-Rhin, la Largue prend sa source dans le Jura alsacien et suit un cours sinueux de 43 km dans une vallée large à fond plat, jusqu'à sa confluence avec l'Ill à Illfurth, à 10 km au sud de Mulhouse. Son bassin versant de 286 km<sup>2</sup> compte 57 communes soit plus de 25 000 habitants. La superficie de sa zone inondable atteint 1 421 hectares (Migayrou J., 1974).

La pluviométrie assez modeste (890 mm/an) et l'évapotranspiration (reprise des eaux de pluie de l'ordre de 60 à 65 %) expliquent la faiblesse de l'écoulement : 1,64 m<sup>3</sup>/s en moyenne. Le rôle joué par la neige est minime, sauf lors d'épisodes exceptionnels (mars 2006). Les crues de la Largue sont donc moins violentes que celles des autres cours d'eau du département.

Cependant, en raison de la faible perméabilité des sols (limons argileux), la Largue est un cours d'eau capricieux dont le niveau peut varier très rapidement en cas de pluie avec les apports d'eau de ruissellement. De plus, son lit

mineur particulièrement étroit n'est pas en mesure d'absorber l'apport massif d'eau de la haute vallée, c'est alors qu'elle quitte son lit et colonise les vastes étendues inondables du lit majeur (Flotta & Fröhlin, 1953 ; Freyther, 1937). Les spécificités de la rivière ont ainsi donné lieu à un PPR original.

### 7.1.2 Les particularités du PPR Largue

Tout d'abord, il convient de préciser que le travail de l'historien peut porter sur l'analyse des procédures, de leur conduite et du jeu des acteurs (domaine de la culture du risque) *a posteriori* et non seulement sur l'approche historique de l'aléa (Favier, 2002).

Ainsi, à partir d'un PPR, le chercheur se pose des questions quant aux éléments qui ont servi à sa réalisation. Il s'interroge également sur la manière dont ont été menées les recherches dans les archives, sur la disponibilité et la qualité des sources utilisées, sur la conformité de la procédure, [...] Il fait ensuite part de ses observations. Dans le cas présent, les interrogations de l'historien ont mis en évidence les particularités du PPR Largue.

La première réside dans le fait que le PPR a été demandé par le Syndicat Mixte d'Aménagement et de Renaturation de la Largue et par les élus, et non prescrit à la suite d'événements catastrophiques. En cela, il constitue une démarche d'anticipation, rare en France. Il a pour but d'harmoniser la solidarité amont-aval tout en optimisant la zone inondable.

La seconde particularité du document est qu'il n'a suscité aucune opposition car les enjeux et la vulnérabilité étaient faibles mais aussi parce que la fréquence des inondations garantissait la pérennité d'une culture du risque dans la vallée. Il n'a fait qu'officialiser certaines pratiques ancestrales de bon sens.

La troisième particularité : son but diffère de celui des autres PPR. Il protège en premier lieu un territoire et non une population et ses biens, cela lui a d'ailleurs valu l'appellation de « PPR à but environnemental ».

La quatrième particularité concerne le zonage. Malgré l'existence de zones de divagation connues, le premier tiers amont de la vallée n'est pas couvert par le document. Le bassin de risque ne correspond pas au bassin versant et aucune justification à cela n'a été formulée.

La faiblesse de la cartographie semble être commune à tous les PPR.

D'une manière générale l'instauration du PPR Largue n'a eu aucune incidence sur les habitudes de vie des populations, ni même sur les pratiques agricoles.

Il est certain que du point de vue des risques encourus, cette procédure n'était pas réellement justifiée. C'est un PPR quelque peu paradoxal, un véritable cas d'école, du fait de la faible vulnérabilité de cette vallée.

## 7.2 ...Formalisant une conscience du risque préexistante

Le peu d'informations recueillies aux Archives départementales du Haut-Rhin (ADHR), concernant les inondations (Flotta & Fröhlin, 1953 ; Freyther, 1937), a confirmé cette

faible vulnérabilité et l'existence d'une forte conscience du risque dont voici quelques preuves.

### 7.2.1 Les preuves de l'existence d'une conscience du risque dans la vallée de la Largue

#### 7.2.1.1 La première preuve concerne les lieux d'implantation des villages

Le choix des sites d'habitation est révélateur d'une connaissance du risque d'inondation. Les berges de la Largue sont encore très « naturelles » en raison de la fréquence des événements. Toutes les communes de la vallée sont installées en hauteur, loin du lit majeur, afin de garder les pieds au sec, signe d'une intelligente réflexion menée par nos ancêtres qui ont su observer les humeurs de la rivière au cours des siècles. Cette vallée est encore relativement épargnée (par la pression foncière), ce qui est rare en Alsace.

#### 7.2.1.2 La seconde preuve, la toponymie

Cette conscience du risque est également visible à travers les toponymes comme par exemple à Wolfersdorf, un lieu-dit très souvent inondé est surnommé « D'Lache » qui signifie en alsacien « la mare » car les problèmes hydrologiques y sont récurrents. Dans une autre commune, à Altenach, le « Woogloch » signifie « trou de la balance ». C'est une excavation faite par l'Homme bordée d'un muret servant à l'expansion des crues et faisant office de bassin de rétention. Personne ne sait exactement à quelle époque il a été creusé mais en 1837, il figurait déjà sur le cadastre napoléonien.

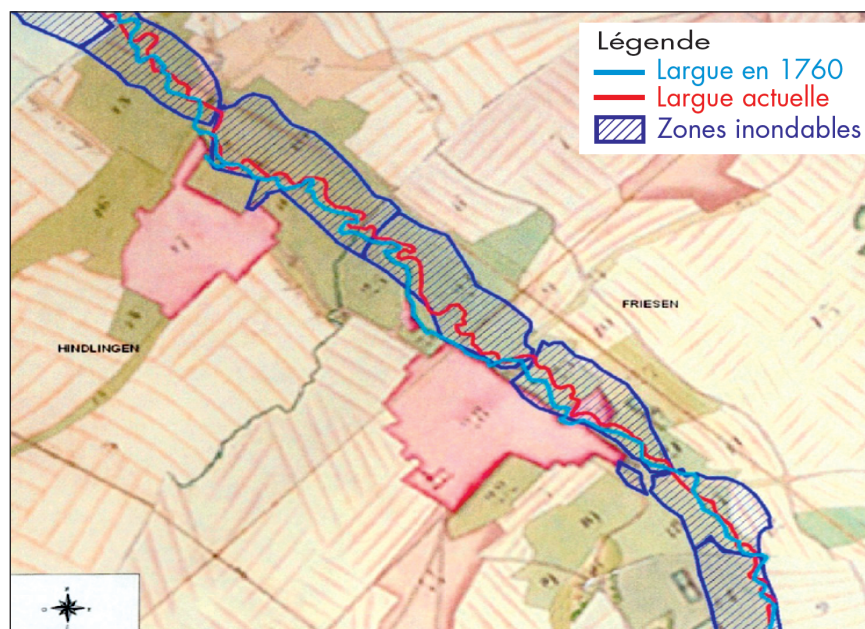
#### 7.2.1.3 L'occupation du sol constitue la troisième preuve

Nous avons comparé la carte d'assemblage des finages de 1760 aux pratiques agricoles contemporaines. Ainsi, nous avons constaté que l'occupation du sol aujourd'hui est quasiment la même qu'il y a 250 ans, à savoir que le lit d'inondation est réservé en majeure partie aux prés et aux fourrages naturels. Il y a bien une continuité en termes de pratiques culturelles.

Sur la carte des finages des communes d'Hindlingen et Friesen, il apparaît nettement que la zone inondable délimitée par le PPR (zone hachurée), correspond à la zone de prairies bordant la Largue en 1760 (bande homogène de part et d'autre de la rivière). Quant au tracé du cours d'eau, il n'a pas beaucoup changé, seuls quelques méandres ont évolué (figure 7.1).

La permanence de cette bande enherbée prouve que l'Homme a su respecter le territoire de la rivière. Il avait une certaine perception du risque d'inondation qu'il a transmise de génération en génération, se forgeant ainsi une véritable culture du risque, en s'appuyant sur les retours d'expérience et sur la mémoire collective. En deux siècles et demi, la vulnérabilité ne s'est pas aggravée dans cette vallée. Il ne faut donc pas sous-estimer l'influence des stratégies de gestion et de prise en compte du risque dans l'organisation spatiale.

Fig. 7.1  
Carte d'assemblage  
des finages de 1760 :  
communes d'Hindlingen et Friesen  
(Conseil Général du Haut-Rhin)



### 7.2.2 Une conscience du risque qui s'estompe ?

La conscience du risque est très présente dans la vallée de la Largue mais a tendance à s'estomper au fil du temps. Par exemple, en septembre 1773, une crue détruisit une digue dans le lit de la Largue à Retzwiller. Il y eut des dégradations, notamment d'importants enlèvements de graviers. N'ayant plus de direction, les eaux débordèrent sur le ban communal de Dannemarie. À l'époque, on craignait que les phénomènes d'érosion et de creusement ne se poursuivent jusqu'à endommager la chaussée.

D'après le plan des Archives départementales, nous remarquons que le secteur « R » inondé en septembre 1773 correspond aujourd'hui à l'endroit où est implanté un magasin de pêche (figure 7.2).

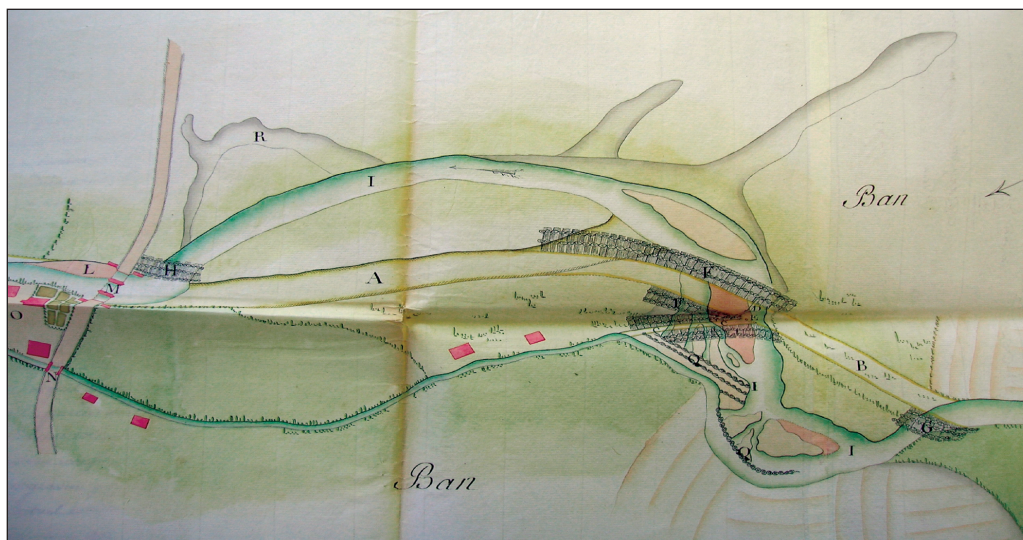
En effet, ce commerce est installé en pleine zone inondable et pourtant, cette zone de divagation de crue est connue au moins depuis le XVIII<sup>e</sup> siècle. Il n'est donc pas étonnant que

ce magasin ait été à plusieurs reprises la proie des eaux. Dans ce cas précis, nous pouvons apprécier tout l'intérêt d'une recherche historique.

Avant l'existence du PPR, il y avait déjà une prise en compte du risque puisque la construction est sur pilotis mais ces prescriptions n'étaient visiblement pas suffisantes si l'on se réfère aux dégâts survenus. De nos jours, ce magasin n'aurait jamais pu obtenir les autorisations nécessaires à son installation et ce, malgré la prévoyance d'équipements spéciaux.

En ce sens, la crue de la Largue de 1773 justifie la mise en place du PPR qui, depuis 1998, veille à ce que les constructions n'envahissent plus la zone inondable. Elle doit rester fonctionnelle, inoccupée, afin de remplir pleinement son rôle écrêteur de crues.

Fig. 7.2  
Plan de la Largue à  
Dannemarie  
en 1773  
(ADHR 1C 1255)





### 7.2.3 Un PPR venu combler les carences de la mémoire

En effet, il a pérennisé les pratiques sensées de gestion, a replacé la Largon au cœur des préoccupations, a favorisé un plus grand respect de la zone inondable tout en la préservant et en l'optimisant. Il a permis une meilleure gestion de l'aléa, l'entretien et l'harmonisation de la solidarité amont-aval, ce qui revêt une importance capitale dans la mesure où cette rivière se situe dans le haut bassin de l'Il et que le maintien de sa zone inondable participe à la protection des villes de Mulhouse, Colmar, Strasbourg, etc.

Enfin, il a permis d'accroître l'information sur les risques auprès des Larguois et de ce fait, d'entretenir la culture, la conscience et la mémoire du risque. La perception du risque quant à elle, était présente dans cette vallée bien avant le PPR et le sera encore demain grâce à lui. Il a donc permis de mettre en pratique une démarche de gestion plus cohérente, raisonnée et complète dans cette vallée. Nous sommes au cœur de la rencontre entre histoire, connaissance raisonnée du passé, et mémoire.

L'affaiblissement de la communication intergénérationnelle ainsi que l'arrivée de nouveaux habitants, ignorant bien souvent les risques, sont responsables, en milieu rural, du déclin de la mémoire collective. En milieu urbain, cette mémoire est trop récente, faible, voire inexistante. C'est pourquoi la loi Bachelot du 30 juillet 2003 a institué un devoir de mémoire, conjugué à une obligation de prévention.

La consultation des archives s'avère ainsi primordiale pour la connaissance des risques, il s'agit de prendre en compte les expériences passées pour une meilleure politique de prévention.

## 7.3 Les apports de l'histoire

### 7.3.1 L'enquête historique de la Largon

L'établissement du PPR Largon trouve-t-il une justification parmi les événements historiques ?

Pour tenter de répondre à cette question, nous avons procédé au dépouillement des archives de la presse, des archives communales, départementales et des administrations comme la Direction de l'Environnement (DIREN), la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt (DDAF), etc. Il nous a fallu constituer nos propres archives en menant de nombreux entretiens auprès de techniciens et de politiques. Les documents et témoignages fournis par les riverains sont un appui à la mémoire collective et au travail de l'historien : encore une fois, il s'agit de la rencontre entre histoire et mémoire. De multiples sorties sur le terrain ont été réalisées afin d'analyser et comprendre la logique des crues de la Largon.

L'enquête historique a révélé la multiplicité de ces crues, leur intensité et leur fréquence, dont les plus célèbres sont celles de septembre 1852, février 1860, mai 1983 (100 ans), mai 1994 (20 ans) et février 1999 (50 ans). Or, il apparaît que seule la crue de mai 1983 a eu une importance fondamentale et déterminante dans l'élaboration du PPR. En effet, les niveaux d'eau sont les plus élevés connus

à ce jour, c'est pourquoi ils ont servi de référence lors de la réalisation du zonage réglementaire. Le PPR Largon semble donc construit sur un événement unique et non sur la récurrence pourtant significative d'événements historiques, comme en témoigne la carte d'historicité du secteur d'Ilfurth réalisée à partir des inondations mentionnées dans la presse et les ADHR. Notons la concentration de points à la confluence ou encore sur certains tronçons de routes (figure 7.3).

En définitive, ni la spécificité des crues de la Largon, ni le récit des plus grandes crues connues et de leurs conséquences, ni la répétition de ces événements (dans le temps et dans l'espace) ne sont en mesure de justifier le PPR de la Largon. Faute d'enjeux significatifs, son élaboration s'est ainsi pleinement satisfaite d'une modélisation à partir de la seule crue de mai 1983. En clair, pour le PPR de la Largon, les archives n'ont pas été exploitées aussi efficacement qu'elles auraient pu l'être. En effet, elles auraient pu permettre d'étoffer davantage la note de présentation du PPR.

Le cas de la Largon est très particulier, nous sommes bien dans une démarche d'anticipation, où nous cherchons à limiter toute volonté future de remise en cause du zonage liée à la croissance de la pression foncière. Cela dit, pour d'autres vallées, ce n'est pas du tout le cas, nombreux sont les PPR prescrits à la suite d'événements catastrophiques.

En matière de PPR, le travail de l'historien devrait donc se faire *a priori* et non *a posteriori* pour une meilleure connaissance de l'aléa et par conséquent une meilleure prévention des risques. Dès lors, se pose la question du rôle de l'historien.

### 7.3.2 Le rôle de l'historien pour « dire et prédire » le risque

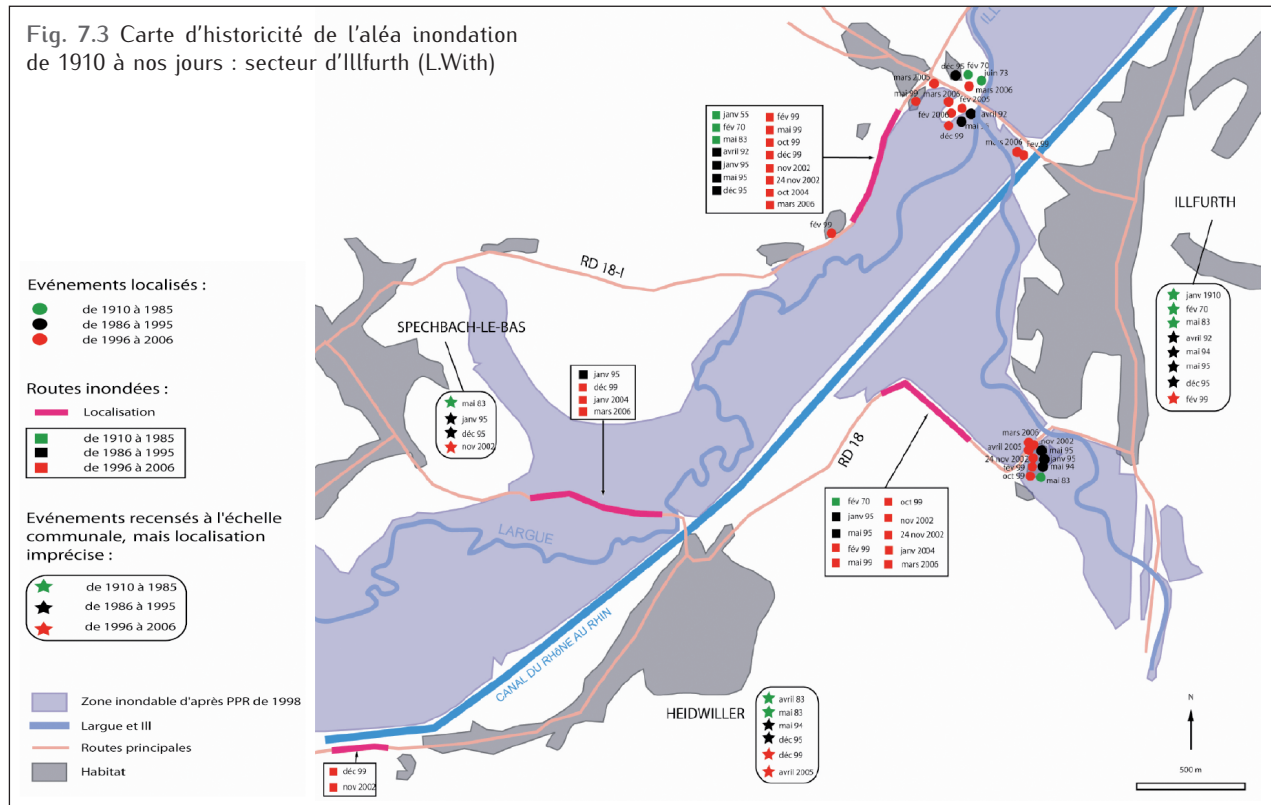
Bien souvent, le rôle de l'historien semble se limiter à un inventaire des faits passés, on attend de lui des renseignements très précis et très anciens sur un phénomène comme les inondations. On a tendance à croire qu'il est un « technicien des archives », un lecteur de documents difficilement accessibles, un transcritteur de faits avérés. Mais cette vision est très réductrice (Favier & Granet-Abisset, 2000 : 271-275, et 2005).

En réalité, le rôle premier de l'historien est de replacer l'événement ancien dans son contexte (Favier, 2002). Cette contextualisation est fondamentale car elle permet la compréhension des circonstances dans lesquelles les phénomènes se sont déroulés. Pour reconstituer les faits passés, l'historien doit obligatoirement consulter les sources historiques, mais leur exploitation est à entreprendre avec beaucoup de réserves. En effet, il doit être prudent et rester objectif car il travaille sur des traces subjectives ou partiales, sur des sources fragmentaires, lacunaires, ou encore sur des silences.

L'absence de document ou de mention dans les archives peut signifier absence ou au contraire banalité de l'événement. Ainsi, ce n'est pas le silence qui parle de lui-même mais l'historien qui entend et comprend le silence. C'est lui qui fait parler les archives. Pour la Largon par exemple, ce sont les silences des archives qui ont révélé la faiblesse du risque, des enjeux et de la vulnérabilité.

L'historien dit le risque, donc il le prédit en rendant possible le retour d'expérience. Il rétablit la chronologie des événements inondants et analyse la gestion passée des risques (travaux d'endiguement, pratiques agricoles, etc.). Il analyse et travaille sur la mémoire du risque dans la société actuelle et vient combler les lacunes de la mémoire. Dans le cas de la Largue, la fréquence des événements a certes permis une permanence de la conscience du risque, mais a aussi provoqué une certaine banalisation et par conséquent favorisé un recul de la vigilance.

En conclusion, pour mieux gérer les risques demain, il s'agit d'utiliser les archives judicieusement, c'est-à-dire prendre en compte les expériences passées pour une meilleure connaissance de l'aléa, dans un but d'anticipation, de prévention et pour une gestion efficace des risques d'où la nécessité que l'historien produise des archives. Ces traces écrites prennent d'autant plus d'importance que la transmission orale se perd. Une telle richesse de sources permettra ainsi une information du public, des populations futures et la détermination des politiques adéquates de prévention et de gestion à mettre en œuvre.



## 7.4 Bibliographie

- CONSEIL GÉNÉRAL DU HAUT-RHIN (2005) — Prévenir les risques d'inondation — *Haut-Rhin magazine*, n°1, pp. 11-18.
- FAVIER R., dir. (2002) — *Les pouvoirs publics face aux risques naturels dans l'histoire* — Publications de la MSH-Alpes, Grenoble, 444 p.
- FAVIER R. & GRANET-ABISSET A.-M., dir. (2000) — *Histoire et mémoire des risques naturels* — Actes du séminaire international, Publications de la MSH-Alpes, Grenoble, 281 p.
- FAVIER R. & GRANET-ABISSET A.-M., dir. (2005) — *Récits et représentations des catastrophes depuis l'Antiquité* — Publications de la MSH-Alpes, Grenoble.
- FLOTTA J. & FRÖHLIN S. (1953) — Méfaits de la Largue et de la grêle — *ASHS*, pp. 112-113.
- FREYTHYER L. (1937) — Von der Larg und ihren Opfern — *ASHS*, pp. 177-178.

- (1966) — Grosswasser im Largetal - *ASHS*, pp. 160-161.
- GUTKNECHT P. (1999) — *Les moulins du Sundgau (volume 2) : le bassin de la Largue* — SHS, Riedisheim.
- MATE & METL (ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement & ministère de l'Équipement, des transports et du logement) (1999) — *Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR) : guide général* — La Documentation française, Paris.
- MIGAYROU J. (1974) — Les zones inondables dans la plaine d'Alsace — *L'eau en Alsace*, BSIM n°757, pp. 157-161.
- MORINIAUX V., dir. (2003) — *Questions de géographie : les risques* — Éditions du Temps, Nantes, 256 p.
- VEYRET Y., dir. (2004) — *Géographie des risques naturels en France : de l'aléa à la gestion* — Hatier, Paris, 251 p.
- CONSEIL GÉNÉRAL DU HAUT-RHIN (2005) — Prévenir les risques d'inondation — *Haut-Rhin magazine*, n°1, pp. 11-18.





## 8 Situation de blocage d'une procédure de PPRI : la clef de l'histoire ? Cas du bassin de l'Ill (Alsace, France)

Ouarda GUERROUAH

Département d'Histoire, Université de Haute Alsace  
8, rue des frères Lumière, 68200 Mulhouse

ouarda.guerrouah@uha.fr

oguerrouah@free.fr

**Résumé.** — De la loi Barnier en 1995 à la loi Bachelot en 2003, l'objectif de l'Etat est de renforcer la prévention des risques notamment en optimisant les procédures réglementaires. Pour les PPRI, le mot d'ordre est dorénavant concertation, information, culture du risque à travers une approche pluridisciplinaire et une valorisation des données disponibles sur les différents aspects historiques, la mémoire ou l'expérience. Ces procédures sont destinées à favoriser l'efficacité et l'acceptation, à réduire les situations de blocage offrant de nouvelles perspectives aux travaux de l'historien. Le cas du PPRI de l'Ill, rivière de la plaine d'Alsace, permet tout autant de réfléchir sur les enjeux que sur les méthodes en termes d'approche historique des inondations.

**Mots-clés.** — Inondation, PPRI, gestion des risques, enquête historique, Ill, Alsace.

**Title.** — *Could history hold the key to the Ill valley's deadlocked PPRI (flood risk prevention plan) procedure ? (Alsace, France)*

**Abstract.** — From the Barnier's law in 1995 to the Bachelot's law in 2003, the government wants to optimize the statutory proceedings to strengthen the risk prevention policy. Regarding the PPRI, a procedure determining building and no building lands, the political line from now is consultation, information, risk culture through a multidisciplinary approach. The target is to promote human sciences and in particular historical informations. The proceeding purpose is to make the PPRI application easier for the different actors to reduce conflict situations. It offers new opportunities to the flood historian work. The Ill PPRI case is interesting. Through this example, it is possible to think about PPRI through historical approaches. In short, this article insists on the advantages to associate the historians on the process.

**Key-words.** — Flood, PPRI, risk management, historical investigation, Ill, Alsace.

### 8.1 Introduction

Le 2 février 1995 naît une nouvelle politique de gestion du risque d'inondation à travers la mise en place des plans de prévention. Le principe de cette législation repose sur une diminution du risque pour les biens et les personnes par la

maîtrise de l'occupation du sol dans les zones inondables. Le PPRI se compose d'une note de présentation contenant l'étude des phénomènes pris en compte, d'une carte réglementaire délimitant les zones constructibles et inconstructibles ainsi qu'un règlement imposant un certain nombre de mesures dans ces zones à risque (Garry & Grasz, 1999).

L'approche historique, à la fois récit et analyse explicative de ce qui s'est passé apparaît en introduction de la procédure. En faisant partie du processus d'élaboration, elle permettrait d'éviter certaines situations de blocage. À travers l'exemple du PPRI de l'Ill, l'histoire apparaît comme un élément fondamental de la connaissance mais aussi de la gestion du risque d'inondation. L'étude historique aurait été tout aussi précieuse en phase de concertation, consultation qu'au moment de l'enquête publique.

### 8.2 La phase de concertation de la procédure PPRI de l'Ill

#### 8.2.1 Le choix de l'événement de référence

Dans le Haut Rhin, le PPRI de l'Ill fut prescrit en février 1997 et approuvé par arrêté préfectoral en décembre 2006. La phase de concertation eut lieu seulement en 2004. Elle a réuni les représentants des services de l'État (DDAF, DIREN) ainsi que ceux des collectivités locales (Conseil Général, Syndicat Mixte de l'Ill) pour faire le point sur les connaissances historiques des inondations de l'Ill. C'est en fonction de ces données disponibles qu'est choisi l'événement de référence d'occurrence centennale (Cœur et al., 1998). Face aux lacunes historiques, les différents acteurs se sont tournés vers la modélisation mathématique de la crue centennale. Les données historiques faisant défaut, l'inondation de 1983 a été retenue pour vérifier la validité scientifique du modèle établi par les ingénieurs (Cloots-Hirsch & Duban, 1985). Elle a permis de caler le modèle à la base du zonage réglementaire. L'historien associé à cette étape de la procédure aurait permis de compléter les connaissances existantes répondant à un certain nombre de problématiques soulevées par ce zonage.

#### 8.2.2 L'inondation historique de 1852

Une recherche historique des inondations de l'Ill au XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècle a été menée dans le cadre d'un mémoire de master. Basée sur les archives et la presse de ces périodes, elle montre l'insuffisance des recherches menées par les services instructeurs. Elle a mis en lumière le manque

de moyens et de personnel spécialisé engagés dans cette procédure. La crue la plus importante n'est pas la crue de 1983 mais la crue de 1852 (figure 8.1). La date de 1983 correspond à la crue la mieux documentée. Une somme importante d'informations sur une inondation ne reflète pas la violence du phénomène.

Cette analyse historique a soulevé des questions concernant la cartographie réglementaire. En effet, à Mulhouse, commune de 123 000 habitants, la comparaison des champs d'extension des inondations de 1852 et de 1983 pose plusieurs problématiques. Le risque a-t-il été sous estimé par le PPRI ? Quel a été le rôle des aménagements dans la réduction ou l'aggravation du risque (Salomon, 1997 ; Brugnot, 2001) ?

### 8.3 La phase de consultation du projet par les élus locaux

#### 8.3.1 Les aménagements hydrauliques : entre protection et développement économique

La question des aménagements a été une source de conflits entre la DDAF, service instructeur, et les maires. Elle apparaît au moment où l'on soumet le projet de zonage aux élus locaux. Les maires et le Syndicat Mixte de l'Ill, en charge de l'aménagement des rivières, reconnaissent pleinement l'utilité de la démarche. Cependant, elle pose un certains de contraintes sur l'occupation du sol (Dubois-Maury et al., 2004 ; Dauge, 1999). Les zones à risques sont déclarées inconstructibles gelant ainsi les réserves foncières de la commune (Barraqué, 1994). Pour les élus locaux, la protection des biens et des personnes est une préoccupation essentielle. Toutefois, le zonage réglementaire établi minimise le rôle des aménagements hydrauliques. Ils militent pour la reconnaissance de leur rôle dans la réduction du risque. Ainsi, il leur serait possible d'assurer le dynamisme et le développement de leur commune.

#### 8.3.2 L'apport historique

Prenant pour exemple le cas mulhousien (figure 8.2), l'enquête historique apparaît comme riche d'enseignements. En 1846, Mulhouse débute la construction d'un aménagement massif : le canal de décharge. Achievé en 1849, il a rendu d'immenses terrains inondables constructibles permettant l'érection de la cité ouvrière au nord de la ville. Considéré comme un « rempart » face à l'invasion des eaux, il n'a pas rempli son rôle de protecteur lors des inondations dévastatrices de 1852, 1860 et 1896. La cartographie n'a pas tenu compte de ces informations alors inconnues.

### 8.4 L'Enquête Publique et la consultation de la population

#### 8.4.1 La contestation des riverains

La grande majorité des observations recueillies lors de l'enquête publique a révélé une contestation du zonage relative aux prescriptions réglementaires applicables sur leur terrain. La plupart des habitants sont conscients que le risque zéro n'existe pas. Néanmoins, il peut être très largement réduit par les différentes solutions techniques notamment par l'endiguement du cours d'eau. Si le risque est reconnu, la force de l'inondation est quant à elle sous estimée faute de mémoire des événements. Leur représentation du risque est liée aux événements vécus, ou relatés par leur entourage dans le cas d'une population allochtone. La mémoire des inondations remonte aux événements les plus récents tels que l'inondation de 1983. L'exemple de la commune de Sausheim est une illustration de ce que l'histoire peut apporter à la mémoire et au-delà à la culture du risque.

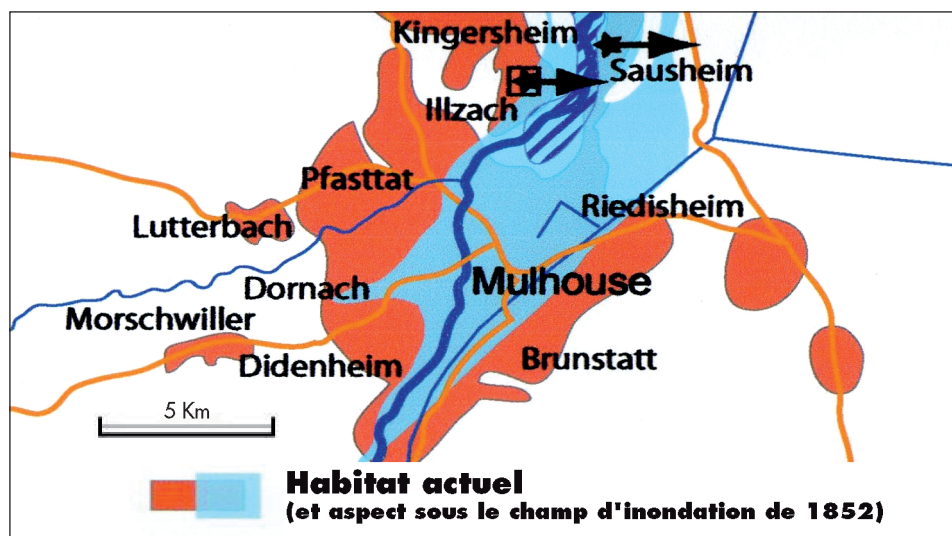


Fig. 8.1 Champ de l'inondation historique de 1852 (Source : O. Guerrouah, la perception du risque d'inondation du XIX<sup>e</sup> siècle à nos jours dans la vallée de l'Ill, mémoire de master, UHA, 2006)

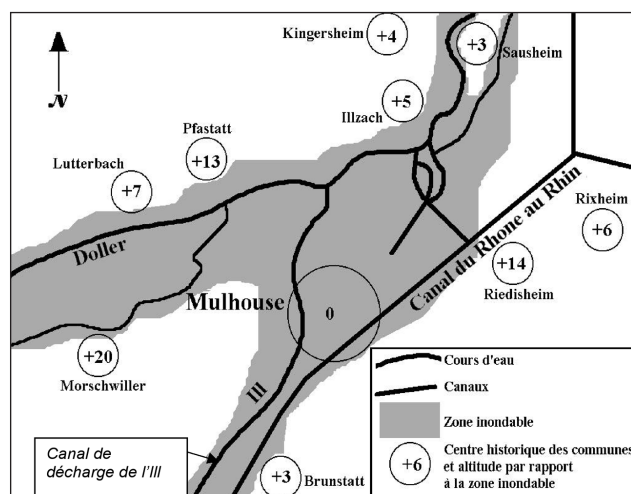


Fig. 8.2 Le risque d'inondation dans la commune de Mulhouse (Source : Direction Départementale de l'Agriculture)

#### 8.4.2 Les lacunes de la mémoire : l'exemple de la commune de Sausheim

Commune de 5470 habitants, le projet de l'enquête publique a été soumis à la population en juin 2006. La principale contestation concernait la rue principale déclarée inconstructible par la cartographie réglementaire. C'est une zone menacée par le risque de rupture de digue. La plupart des remarques formulées reprenaient l'expression « de mémoire d'Homme l'on n'a jamais vu cette rue inondée. » Mais le journal *l'Express* daté du 20 janvier 1910 publie : « On pouvait circuler en barque dans la rue principale » ce qui signifie qu'il y avait au moins un mètre d'eau. L'histoire a un double intérêt. Elle permet par l'étude des archives de compléter le travail des ingénieurs qui ont modélisé la crue la centennale. Mais au-delà, elle soulève un certain nombre de problématiques concernant la mémoire et son rôle dans la reconnaissance et l'acceptation du risque par la population (Favier & Granet-Abisset, 2000).

Ainsi, l'histoire comme connaissance du passé est une valeur en soi pour enraciner le travail de réglementation. Mais elle est aussi essentielle dans l'entretien de la mémoire collective facilitant l'application de la procédure Barnier. La procédure PPRI de l'Il n'a pas laissé de place suffisante à l'histoire ce qui fragilise considérablement son application. L'histoire fut maltraitée aussi bien lors de la concertation, de la consultation qu'au moment de l'enquête publique.

L'histoire fut mal traitée lors de la concertation où l'absence d'historien associé au manque de temps consacré à l'analyse historique en sont les signes. L'histoire fut mal traitée lors de la consultation du projet par les élus puisque le zonage a souffert d'un manque de réflexion historique concernant la douloureuse question des aménagements hydrauliques. L'histoire fut mal traitée lors de l'enquête publique où la mémoire était la condition à une meilleure acceptation du risque. Pour atteindre à l'efficacité de la gestion du risque, l'historien et plus largement les sciences humaines doivent être systématiquement et complètement associés à la totalité du processus d'élaboration des plans de prévention du risque d'inondation (de Vanssay, 2003).

## 8.5 Bibliographie

- BARRAQUÉ B. (1994) — Risque inondation : urbanisme réglementaire ou servitude négociée — *Espaces et Sociétés*, n°77, Paris, pp. 64-77.
- BRUGNOT G. (2001) — *Gestion spatiale des risques* — Éditions Lavoisier, Paris, 287 p.
- CLOOTS-HIRSCH A.-R., DUBAN C. (1985) — Mécanismes et Genèse des inondations dans le Ried central : Le cas des inondations d'avril 1983 — *Mosella*, Metz.
- CŒUR D., LANG M., LALLEMENT C., NAULET R. (1998) — Valorisation de l'information historique pour la prédétermination du risque inondation : application du bassin du Guiers — *Ingénieries, EAT*, n°16, pp. 3-13.
- DAUGE Y. (1999) — *Politique publiques de prévention des inondations* — Rapport au premier ministre, 45 p.
- DE VANSAY B. (2003) — Quand les sciences humaines éclairent l'analyse des risques — *Pouvoirs locaux : les cahiers de la décentralisation*, n° 56, pp. 22-37.
- DUBOIS-MAURY J., HUBERT G., MESCHINET DE RICHEMOND N., POTTIER N., RELIANT C., VEYRET Y. (2004) — Evaluation de la politique de Prévention publique de prévention des risques naturels — in Y. Veyret, G. Garry, N. Meschinnet de Richemond, dir. *Risques naturels et aménagement en Europe*, Armand Colin, Paris, pp. 46-68.
- FAVIER R., GRANET-ABISSET A.-M., dir. (2000) — *Histoire et mémoire des risques naturels* — Éditions de la MSH-Alpes, Grenoble, 281 p.
- GARRY G., GRASZK E. (1999) — *Plans de prévention des risques naturels (PPR) : Risques d'inondation guide méthodologique* — La Documentation Française, Paris, 123 p.
- SALOMON J.-N. (1997) — *L'homme face aux crues et aux inondations* — Presses universitaires de Bordeaux, 1997, 136 p.



## 9 Les archives et la gestion de sites sous-minés

Frédéric POULARD

INERIS - Direction des Risques du Sol et du sous-sol (DRS)  
Parc Technologique Alatta, BP 2, 60550 Verneuil-en-Halatte  
Frederic.Poulard@ineris.fr

**Résumé.** — Il est aujourd'hui crucial d'accompagner les Pouvoirs Publics dans la gestion des carrières abandonnées et de l'après-mine. Dans cette optique, la Direction des risques du sol et du sous-sol, DRS, identifie (en termes de définition et de localisation) les risques d'instabilité des terrains et d'émissions gazeuses, en contribuant à la réalisation des Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN-Cavités) ou des risques miniers (PPRM).

L'élaboration de tels plans se scinde généralement en deux phases : une phase de collecte de données dite phase informative et une phase d'évaluation des aléas.

Les ingénieurs et techniciens de la DRS s'appuient systématiquement sur les données historiques au cours de ces phases informatives. Le présent article décrit pas à pas le déroulement d'une phase informative de PPRM en détaillant les différentes utilisations des archives, les caractéristiques des données recherchées et les principaux problèmes rencontrés.

**Mots-clés.** — Archives minières, Risques mouvement de terrain, Phase informative, PPRM, SIG.

**Title.** — *Historical data and post mining hazard management*

**Abstract.** — Nowadays Authorities and Governments require assistance for the management of the abandoned mines and, more generally, for post mining hazard management. Therefore, the Ground and underground Direction of INERIS identifies and evaluates risks generated by surface instabilities and gas emissions. They are materialized through Mining Risks Prevention Plan of "MRPP".

Such studies are generally divided into two parts : one dedicated to collect data and one dedicated to hazard evaluation.

Engineers of INERIS systematically use historical data during these "informative phase". This article presents, step by step, the process of a standard informative phase by specifying the various uses of the available data.

**Key-words.** — Mines, surface stability, MRPP, Geographical Information System (GIS).

### 9.1 Introduction

Il est aujourd'hui crucial d'accompagner les Pouvoirs Publics dans la gestion des carrières abandonnées et de l'après-mine. Dans cette optique, la Direction des risques du sol et du sous-sol, DRS, identifie en termes de définition et de localisation les risques d'instabilité des terrains et d'émissions gazeuses. Elle contribue également à la réalisation des Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN-Cavités) ou des risques miniers (PPRM). L'élaboration de tels plans se scinde généralement en deux phases : une phase de collecte de données dite phase informative et une phase d'évaluation des aléas.

Les Ingénieurs et techniciens de la DRS s'appuient systématiquement sur les données historiques au cours de ces phases informatives. Le présent article décrit pas à pas le déroulement d'une phase informative de PPRM en détaillant les différentes utilisations des archives, les caractéristiques des données recherchées et les principaux problèmes rencontrés. On montre ainsi le caractère incontournable des documents anciens, à la fois base de l'évaluation des aléas futurs mais aussi outil indispensable pour éviter de discréditer la démarche PPRM lors des phases de concertation avec les acteurs locaux, souvent bien informés du passé minier local.

### 9.2 Définition d'un PPRM

#### 9.2.1 Cadre réglementaire

Les PPRM (Plans de prévention des risques miniers) s'inscrivent dans la continuité du cadre réglementaire français de gestion du risque et d'aménagement du territoire (collectif, sous la direction de l'INERIS, Didier, 2004), avec, entres autres :

- les Plans de surfaces submersibles (PSS), les Zones exposées aux risques de mouvements du sol et du sous-sol (cartes ZERMOS), les Plans de zones sensibles aux incendies de forêts (PZSIF), le contrôle des permis de construire (article R-111.2 du Code de l'Urbanisme), les Plans d'exposition aux risques (loi n° 82-600 du 13 juillet 1982) ;
- la loi n° 95-101 du 2 février 1995, relative au renforcement de la protection de l'environnement qui donne naissance aux PPR, relatifs aux risques naturels ;
- la loi n° 99-245 du 30 mars 1999, dite loi « après-mine », qui engendre les PPRM. C'est le décret n° 2000-547 du 16 juin 2000 qui assure la mise en application des PPRM.



### 9.2.2 PPRM et PPR

Le droit minier français distingue depuis une loi de 1810 :

- les mines, qui concernent l'extraction de matériaux dits concessibles : ressources minérales considérées comme stratégiques pour la nation, les métaux (fer, plomb, argent, uranium, or...), les hydrocarbures (charbon, pétrole, méthane...), le sel, la potasse ou les phosphates etc. ;
- les carrières, qui concernent principalement les matériaux de construction (non concessibles).

Notons, au passage, que c'est bel et bien la nature du matériau extrait qui différencie les mines des carrières et nullement la méthode d'exploitation. Il existe ainsi des mines souterraines et d'autres à ciel ouvert et il en va de même pour les carrières.

Pour les mines, l'État accorde des « concessions » à des entreprises privées ou publiques. Il touche une redevance proportionnelle au tonnage de matériau extrait, tout en assurant le suivi des exploitations (Police des mines). Ainsi, la cessation de l'activité d'une mine relève du droit minier au sein duquel les propriétaires des terrains de surface sont, pour ainsi dire, « exclus » de toute responsabilité qui incombe à l'État. À l'inverse, les carrières souterraines relèvent du droit civil. Ainsi, c'est le propriétaire du sol qui a la charge de toute carrière soumise à des risques située sur ses terrains. Toutefois, la jurisprudence a assimilé ce « risque-carrières » à un risque naturel. Les carrières souterraines font donc l'objet de PPRN-Cavités. Les mines, quant à elles, font l'objet de PPRM.

Néanmoins, un PPRM est avant tout un PPR dont l'objectif est de délimiter les zones directement ou indirectement exposées au risque. Il s'attache à définir des prescriptions relevant des règles d'urbanisme et de construction qui s'appliqueront à la gestion des projets d'installations nouvelles (zones à enjeux futurs) aussi bien qu'à celle des biens et activités existants (Didier & Daupley, 2007).

### 9.2.3 Les pièces constitutives réglementaires d'un PPRM

À l'image des PPR, un PPRM doit comporter les éléments suivants (Didier, 2004) :

- une note (ou rapport) de présentation : elle précise le périmètre de l'étude ainsi que la définition des aléas retenus pour l'analyse. Elle restitue également les résultats de la phase de collecte des données et ceux de la phase d'évaluation des enjeux ;
- un (ou plusieurs) document(s) graphique(s) délimitant les zones à risques. En terme strictement réglementaire, le(s) seul(s) document(s) cartographique(s) indispensable(s) sont le (ou les) plan(s) des zones de dispositions constructives réglementaires homogènes ;
- un règlement : il doit préciser les recommandations, les prescriptions ou les interdictions vis-à-vis de l'usage du sol à l'intérieur des secteurs du zonage réglementaire.

D'autres documents, notamment cartographiques, n'ayant pas de valeur réglementaire, peuvent être joints au dossier : la carte informative, la cartographie des aléas qui permet d'explicitier les raisons techniques qui prévalent à l'élaboration du zonage réglementaire et la carte des enjeux.

### 9.2.4 Les principales phases de réalisation d'un PPRM

Il est d'usage de décomposer la réalisation d'un PPRM en 4 phases principales (concrétisées, chacune, par l'établissement d'un document cartographique) :

- la phase informative : elle exige une campagne d'investigation sur site et une consultation attentive des archives d'exploitation et de tout document susceptible de fournir des informations (géologie, hydrogéologie, méthodes d'exploitation...) ;
- la phase d'évaluation des aléas : elle localise et hiérarchise en plusieurs niveaux les zones exposées à des aléas potentiels (pouvant perdurer après l'arrêt des travaux miniers), en fonction de l'intensité et de la probabilité d'occurrence prévisible ;
- la phase d'appréciation des enjeux : elle recense l'ensemble des enjeux existants et identifie les projets futurs qui pourraient se développer ;
- la phase de zonage réglementaire et d'élaboration du règlement.

Dans la suite de cet article, seule la phase informative sera détaillée car c'est principalement elle qui est concernée par la problématique de « gestion des Archives ».

## 9.3 La phase informative d'un PPRM

### 9.3.1. Pourquoi recourir aux archives ?

Lors d'un PPRM, le principe d'évaluation des aléas repose, sauf exception, sur des études qualitatives s'appuyant sur les données disponibles (études peu onéreuses et relativement rapides). Dans cette optique, le recours aux documents d'archives est primordial puisque ces documents constituent l'assise de la démarche d'analyse et de prévention des risques (Didier & Tristch, 1996).

D'autre part, comme dans tous les domaines du risque autres que le risque minier, l'évaluation des aléas futurs est basée sur l'analyse des aléas passés (notion d'aléa de référence). Une connaissance aussi approfondie que possible de ces données permet donc d'affiner l'analyse postérieure.

Enfin, les nombreuses phases de concertation (services de l'Etat, autorités locales, associations, riverains...) imposent aux PPRM de s'appuyer, de manière précise et didactique, sur les documents d'archives. En effet, face à ces collaborateurs, souvent connaisseurs du passé minier local, toute omission ou lacune importante de connaissances risquerait de discréditer l'ensemble des résultats de l'étude.

Notons que la phase informative permet aussi souvent de révéler l'existence de mines ou de désordres relativement anciens et « oubliés » par la population locale. Il s'agit là de conserver la mémoire minière, de la porter à connaissance et d'éviter des erreurs de gestion de développement de l'urbanisme due à une méconnaissance (Didier, 2007).

### 9.3.2 Où chercher ces archives ?

- Dossier d'arrêt des travaux miniers. L'une des spécificités des PPRM est de pouvoir s'appuyer, notamment pour ce qui concerne les exploitations arrêtées relativement récemment (depuis les années 1980-1985), sur le dossier d'arrêt des travaux miniers (DADT) constitué par l'exploitant à l'attention des services de l'État.



Ce dossier a pour objectif de dresser le bilan des effets des travaux miniers sur l'environnement lors de la fermeture de l'exploitation, d'identifier les risques ou nuisances susceptibles de persister dans le long terme en accordant une attention toute particulière aux risques importants pouvant porter atteinte à la sécurité des personnes ou des biens. La constitution de ces dossiers est une obligation réglementaire depuis 1970 mais ils ne sont, en théorie, réellement efficaces et correctement réalisés que depuis la loi de 1995 et en pratique que depuis les années 2000.

On notera que les deux procédures (PPRM et DADT) sont complémentaires mais non redondantes. Le DADT a pour objectif d'évaluer les risques en l'état et de mettre en œuvre des mesures destinées à les annuler, les réduire ou les surveiller. Le PPRM identifie, pour sa part, les risques susceptibles de perdurer à long terme, en intégrant les mesures de mise en sécurité mises en œuvre par l'exploitant à la suite du DADT. Enfin, il établit des règles d'usage du sol ce qui n'est, en aucun cas, l'objet de la procédure d'arrêt des travaux.

- Les Archives des Directions régionales de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement. La DRIRE est l'organisme « référent » lorsque l'on évoque les mines en France. En effet, elle possède, quasi-systématiquement, des dossiers, même minimaux, sur les anciens sites d'extraction répertoriés par région. Il est aussi fréquent de pouvoir y consulter des copies de DADT. En outre, les responsables de ces directions peuvent avoir connaissances de nombres de spécificités sur des mines particulières (enjeux politiques, économiques, tensions locales ...).
- Les Archives nationales, départementales ou communales. Dans certains cas les données de la DRIRE sont trop synthétiques, il faut se tourner vers d'autres fonds : Archives départementales, nationales ou communales (par ordre d'importance). En effet, ces fonds d'archives sont souvent exhaustifs (la DRIRE y verse d'ailleurs un bon nombre de documents). Outre une recherche par commune, une analyse attentive doit être portée aux séries S et W, aux Archives départementales (voir § 9.2.6).
- Archives d'autres services de l'Administration. On citera pour mémoire les archives des DDE, DRE, DRAC (Services Régionaux d'Archéologie).
- Les autres fonds d'archives. Il est aussi fréquent, surtout lors de phase de visite de terrain, de consulter les :
  - archives d'exploitant (lorsque celui-ci existe encore) ;
  - archives d'organismes de professionnels miniers (BRGM, INERIS, CETE ...) ;
  - archives de bureaux d'études privés et de cabinets de géomètres ;
  - archives militaires ;
  - archives de la presse locale ;
  - archives d'associations spécialisées (spéléologues, défense du patrimoine minier ou industriel local, protection de l'environnement...) ;
  - archives de musées ;
  - archives privées de riverains du site minier et de mineurs.

### 9.3.3 Quelles informations chercher ?

L'objectif est de définir le mieux possible les risques de mouvements de terrain (Flageollet, 1989) y compris ceux générés par les terrils et verses, d'émission de gaz de mine voire les impacts environnementaux relatifs aux exploitations minières. Chaque site minier étant unique (une configuration et un environnement spécifique), il est impossible d'établir une définition générique des risques. Toutefois l'analyse du comportement à long terme de travaux miniers s'appuie souvent sur les mêmes familles de paramètres : géologie, hydrogéologie, exploitation minière, désordres ou dégâts miniers notamment (Piguet & Wojtkowiak, 2000).

Il est aussi important de faire ressortir les éléments inconnus ou douteux (indications évasives sur les plans d'exploitation, indices non validés en surface...) et de présenter les imperfections possibles des fonds cartographiques utilisés.

#### 9.3.3.1 Contextes géologiques

Les données essentielles recherchées ici sont, entre autres, la nature du matériau extrait, la minéralogie des terrains encaissants, la nature des terrains de recouvrement, les contextes tectoniques, la configuration du gisement (filons, couches sédimentaires, amas...), les puissances minéralisées, le pendage de la minéralisation, etc.

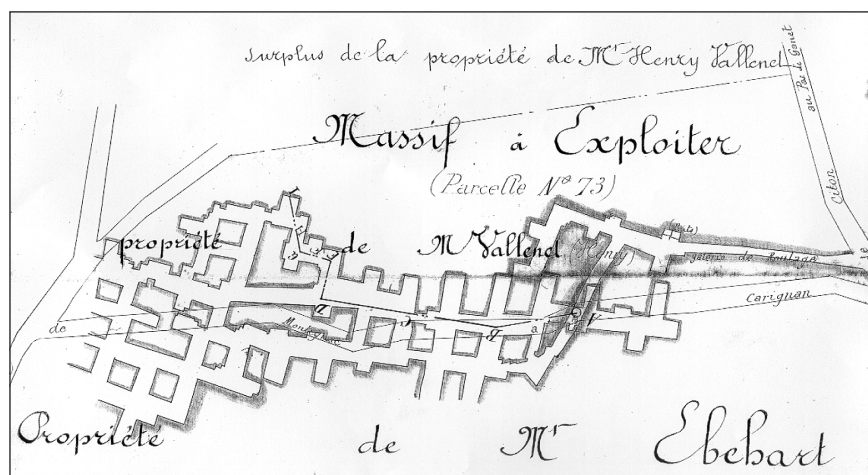
#### 9.3.3.2 Contextes hydrogéologiques et hydrologiques

Il s'agit ici de préciser au mieux : l'existence et les caractéristiques de nappes aquifères (débits, circulation, paramètres chimiques principaux...), les caractéristiques de perméabilité des terrains (encaissant, recouvrement et minéral), la fracturation des sols, les données relatives aux éventuels dispositifs de surveillance environnementale (réseau piézométrique, points de prélèvement des eaux de surface).

#### 9.3.3.3 Données et caractéristiques de l'exploitation minière

Il s'agit notamment de définir :

- les données relatives à l'historique de l'activité minière en phase d'exploitation (figure 9.1), en particulier : la localisation de travaux miniers et de verses ou terrils, les méthodes d'exploitation (totales ou partielles) et l'existence de remblais (volume, nature...), les profondeurs maximale et minimale exploitées, l'ouverture exploitée, le pendage de l'exploitation, les périodes d'exploitation, les volumes extraits en fonction du temps, les données relatives aux dispositifs de gestion des eaux mis en œuvre (dispositif d'exhaure collecteur d'effluents, conduites de dérivation, bassins de stockage, de décantation, barrages, etc.), les données relatives au traitement du minerai effectué sur le site (méthode, produits et co-produits), etc. ;
- le classement administratif des chantiers vis-à-vis du grisou (apparu en France vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle), la mise en place de moyens de prévention contre le grisou ;
- les données relatives à la phase de post-exploitation : mesures de gaz réalisées dans des zones confinées de la surface (caves, égouts, réseaux enterrés...), la description des travaux de mise en sécurité éventuels, le trai-



tement et la position des ouvrages débouchant au jour (puits, galeries, descenderies...), la nature, la composition et le débit de gaz de mine à l'orifice des ouvrages miniers.

Le recensement des anciens désordres ayant affecté le site par le passé permet de justifier le bien fondé de la démarche d'aléa qui va être entreprise. Cette phase de l'étude a aussi pour vocation d'informer et de sensibiliser la population aux risques et nuisances supposés.

#### 9.3.3.4 Existence de désordres

Il s'agit de rechercher :

- les descriptions d'« accidents d'exploitation » qui constituent des sources d'informations stratégiques. Même s'ils ne font pas forcément référence à des désordres majeurs, ces accidents permettent d'apprécier la « tenue générale » des travaux souterrains ;
- les descriptions d'affaissements miniers, de fontis, d'effondrements de galeries ou de têtes de puits (effondrement de la structure mise en place en tête d'un puits vide ou débouillage d'un puits remblayé), figures 9.2 et 9.3 ;
- la description de désordres dans des « secteurs proches » de la mine et présentant des caractéristiques géologiques et d'exploitation similaires ;
- la description de dégâts sur des infrastructures ou des bâtiments.

### 9.3.4 Formats des données

Au cours de ces investigations informatives, les équipes rencontrent deux grandes classes de documents : « papier » et « informatique ».

#### 9.3.4.1 Format « papier »

Dans le domaine minier sont consultés :

- des documents « administratifs » (demande de concession, de permis d'exploiter ou de permis de recherche, demande de mutation de titres miniers...) ;
- des états de dépenses et de recettes souvent corrélées à des bilans de production (journaliers, mensuels ou annuels) ;
- des Procès Verbaux de visites réalisées par les Ingénieurs de Mines ;
- des déclarations et descriptions d'incidents, d'accidents et de feux ;
- des courriers des mineurs (chef porion ou délégués...) ;



- des ouvrages généraux (synthèses géologiques ou hydrogéologiques...) ;
- des ouvrages spécialisés dans les domaines des mines et carrières : *Mines et Carrières*, *Annales des Mines*, etc. ;
- des plans de travaux, des schémas d'exploitation et des documents cartographiques divers : cartes géologiques, descriptifs de méthode d'exploitation, plans de travaux (A4 à A0 et plus), photographies souterraines ou de surface, coupes de sondages, photos de travaux de mise en sécurité et plans de recollement.

#### 9.3.4.2 Format « informatique »

Beaucoup plus rares que les précédents, il est parfois possible de consulter des données informatiques (Didier, 2007) :

- des bases de données (Banque de Données du sol et du sous-sol [BRGM], la BD cavités [BRGM et INERIS], la BD Mines [DRIRE], la BD puits [INERIS]...) ;
- des plans miniers scannés ou digitalisés (exploitations les plus récentes) ;
- des Systèmes d'informations géographiques (SIG).

#### 9.3.5 Dates des données

Les données précédentes s'inscrivent dans le passé industriel de la France et dans sa longue tradition « minière » (Didier & Watelet, 2007).

Même si les premiers indices d'exploitation souterraine sont très anciens, les documents rencontrés lors des phases informatives ne sont jamais antérieurs à 1600. La taille, le nombre et la complexité des données analysées varient avec les époques et les localisations géographiques des mines. Les données sont généralement fort détaillées entre la révolution industrielle et la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle, pour les exploitations des grands bassins miniers de charbon, de fer et de sel souvent considérées d'intérêt national (Provence, Lorraine, Nord-Pas-de-Calais, Sarre, Hérault...). La multiplicité et la diversification des matériaux exploités (pétrole, manganèse, plomb et argent, fluorine) a conduit à augmenter la taille des archives minières (pour celles du XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècle dans les régions d'Auvergne, Languedoc-Roussillon, Pays-de-la-Loire et PACA). Depuis la fin des années 1960, pour le charbon, et le début des années 1980, pour les autres substances, le déclin de l'activité extractive s'est amorcé, les données d'exploitation minière sont donc plus rares depuis cette date. Ce phénomène est notablement compensé par la réalisation d'études et d'analyses post-exploitation qui constituent une nouvelle source d'archives.

Lors de la réalisation d'un PPRM, la phase informative permet généralement de balayer cette large période historique ; sur certaines exploitation (fer en Lorraine ou charbon en PACA), il n'est pas rare de retrouver des documents du XVII<sup>e</sup> siècle et des plans informatisés des années 1990-2000.

#### 9.3.6 Retours d'expérience

La phase informative est souvent complexe, il s'agit, entre autres, de résoudre de nombreuses problématiques :

- L'exhaustivité des données. Le risque « d'oublier » ou de « rater » une donnée essentielle à la détermination du risque est présent dans toute étude de risque et encore plus dans le domaine minier où ces données sont souvent très hétéroclites et réparties en de nombreuses

localisations. Pour y faire face, nous utilisons des listes de mots clés (nom d'une mine, désignation de la substance exploitée, nom de la commune concernée, nom de l'exploitant...) et des listes de références d'archives (série W, versement de la DRIRE ou de la DDE et sous-répertoire « mines et carrières » des séries S des fonds d'Archives départementales).

- La durée de la phase informative. Il est difficile de prévoir exactement le temps nécessaire pour mener à bien une phase informative. D'expérience, cette durée est comprise entre 5 jours/homme pour une exploitation minière de taille modeste, aux configurations simples et dont les données sont à peu près centralisées, à 10 ou 12 jours/homme pour des exploitations importantes et complexes dont les informations peuvent être dispersées au sein de plusieurs organismes. Il est évident que ces recherches pourraient être « indéfiniment » affinées, mais les études déjà réalisées ont montré qu'au-delà des délais précédents nous ne retrouvons que rarement des informations essentielles.
- La date des documents. Une exploitation minière étant par nature vouée à s'étendre géographiquement, les documents les plus récents sont toujours recherchés, surtout pour les données cartographiques (plans et coupes des travaux). Nous essayons donc de déterminer la période d'exploitation minière exacte avant de commencer toute recherche de documents cartographiques.
- « Taille » des documents. Une spécificité du domaine minier est de s'intéresser à des plans de travaux ; ces documents sont souvent de taille importante (généralement A0 et plus). De tels plans ne peuvent être qu'exceptionnellement ou très difficilement sortis des fonds où ils sont entreposés afin d'être traités informatiquement (scannés, digitalisés ou géoréférencés). Il est souvent simplement permis de les photographier, ce qui amoindrit la précision des cartes de risque finales qui servent de base à la définition de zonages réglementaires (PLU ou servitudes). Afin de lever cette difficulté, nous nous munissons, dans la mesure du possible, d'autorisations ou de demandes exceptionnelles de consultation de données rédigées par l'administration (DRIRE, ministères...). De plus, nous préparons spécialement ces consultations, en contactant au préalable les directeurs de salles d'archives afin de connaître leur mode de fonctionnement, de présenter notre travail et d'essayer de « négocier des facilités de consultation » (nombre de documents, reproduction ou mise à disposition...).
- La confidentialité des données :
  - aux Archives départementales, certains documents peuvent être « frappés » d'interdictions de consultation publique pour des durées de 30 ou 50 ans (exploitations d'or dans le Limousin ou exploitations d'uranium en Rhône-Alpes) ;
  - les exploitants eux-mêmes « rechignent » parfois à diffuser certaines données bien souvent par crainte d'une potentielle obligation de réalisation de travaux de mise en sécurité fort onéreux ou par crainte des réactions des riverains ou d'associations locales. Ce premier réflexe « de ne pas diffuser toute l'information disponible dans l'optique de limiter les futures contraintes régle-



mentaires » n'est généralement pas bénéfique car il conduit souvent à l'application de mesures sécuritaires en l'absence d'information ou en cas de doute (Didier & Watelet, 2007).

- La lisibilité des archives. Comme toute étude qui s'appuie sur de vieux documents, il est souvent difficile de les déchiffrer intégralement (certains PV de visite de mines manuscrits par exemple). De plus, la localisation géographique des travaux miniers est souvent complexe : systèmes de coordonnées géographiques inconnus, ancienne toponymie, terminologies géologiques et minières inusitées. Néanmoins, nous n'écartons pas, a priori, ces indications qui se révèlent souvent fort utiles par la suite grâce aux recoupements de témoignages de riverains par exemple.
- La carence d'information. Il arrive qu'une partie des informations sur la présence des mines soit inexistante ou détruite. C'est en particulier le cas des exploitations très anciennes, des mines de faible extension (minières ou petites mines illégales) ou bien de celles exploitées à l'occasion des grands événements historiques (guerres ou crises économiques). Ces incertitudes jouent un rôle important dans la deuxième phase de l'analyse, il ne faut donc pas les omettre lors de la phase informative. En effet, par la suite, ils permettent de pondérer la prédisposition d'un site minier à la réalisation d'un aléa donné (notion de présomption).
- La compatibilité informatique. Pour les exploitations récentes et importantes, les exploitants peuvent mettre à disposition des données informatisées mais il est fréquent de rencontrer des incompatibilités. Toutefois, nous n'écartons pas ces données, essentielles par la suite, et qui sont utilisées après des traitements « simples » (AutoCad®, Mapinfo® ou Arcview®).

## 9.4 Conclusion

Les documents d'archives (de toute nature) restent la base essentielle à la réalisation de tout PPRM. Notre expérience dans ce domaine (une quarantaine de phases informatives et d'aléas depuis le début des années 2000), nous a permis d'optimiser la collecte et la synthèse des données en vue de satisfaire les attentes de l'administration chaque année plus pressantes et plus fines notamment face aux fortes pressions immobilières dans certaines communes. L'objectif est de produire des documents (rapports et cartes) qui ne puissent souffrir d'aucune contestation possible puisque basés sur des recherches informatives appropriées et efficaces.

## 9.5 Bibliographie

- DIDIER C. (2004) — *L'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers, Guide méthodologique* — Rapport INERIS (Institut National de l'Environnement et des Risques).
- DIDIER C. (2007) — La politique française de prévention des risques liés à l'après-mine — *Réalité Industrielle, Annales des Mines*, n° de novembre 2007.
- DIDIER C., DAUPLEY X. (2007) — Le PPRM, clé de voûte de la politique française de prévention des risques miniers — *Réalité Industrielle, Annales des Mines*, n° de novembre 2007.
- DIDIER C., TRISTCH J.-J. (1996) — *Méthodologie pour la connaissance et l'identification des risques de mouvements de terrain* — Rapport INERIS.
- DIDIER C., WATELET J.-M. (2007) — *Guide méthodologique pour la réalisation de Plans de prévention des risques naturels (PPRN) liés à la présence de cavités souterraines* — Rapport INERIS.
- FLAGEOLLET J.-C. (1989) — *Les mouvements de terrain et leur prévention* - Éditions Masson. Collection « Géographie ».
- PIGUET J.-P., WOJTKOWIAK F. (2000) — Affaissements et déformations au-dessus des exploitations minières : mécanismes et évolution dans le temps — *Mines & Carrières*. Volume 82, juin 2000 — Éd. de la Société de l'Industrie Minérale.

## Partie 4

### Des archives pour une meilleure gestion prospective du risque





Il s'agit de souligner dans cette dernière partie la dimension résolument prospective et d'actualité de l'intégration des données anciennes pour faire progresser la gestion des risques. L'enjeu est d'importance car les efforts financiers consentis pour la gestion des risques dans de nombreux pays ne portent pas toujours des fruits à la hauteur des espérances, alors même que chaque partenaire a répondu aux demandes qui lui étaient faites. De nouvelles pistes sont à explorer et développer : comment améliorer l'organisation et la collecte des archives qui se constituent aujourd'hui pour répondre aux nouveaux besoins des sociétés en matière d'alerte, de prévention, d'information du citoyen et de gestion de crise dans le cadre d'un développement durable ? Il s'agit ainsi de préserver aujourd'hui des sources qui seront utiles demain et d'assurer la traçabilité de la donnée dans les documents finaux destinés aux décideurs comme au grand public ; de réanalyser les données anciennes à la lumière des progrès scientifiques d'aujourd'hui sans pour autant méconnaître le contexte de collecte de ces informations, d'assurer la mise à jour, l'enrichissement et le suivi des bases de données qui se mettent en place depuis quelques années dans de nombreuses collectivités afin de valoriser à moyen et long terme les missions ponctuelles et les rapports disponibles.



# 10 Raisonnement à Partir de Cas et système complexe émergent : le cas de la prévention des coulées boueuses

Céline OHRESSER, Abdellah GHENAÏM,  
Jean-Bernard POULET et Abdelali TERFOUS  
*Laboratoire du Génie de la Conception - ERESA*  
*INSA de Strasbourg*  
24 bd de la victoire – 67084 Strasbourg Cedex  
celine.ohresser@insa-strasbourg.fr

**Résumé.** — Aborder les questions d'aménagement en considérant les risques potentiels est désormais chose commune dans la gestion de projet. Lorsque le risque est émergent et qu'il est mal connu, il peut comme dans le cas des coulées boueuses être négligé lors des opérations d'aménagement. Cet article présente une démarche de gestion de l'information dans l'objectif de construire de la mémoire par le biais du Raisonnement à Partir de Cas. L'attention du travail porte sur la restitution au sein de la base de cas d'une information qui décrit un système complexe.

**Mots-clés.** — coulée boueuse, aménagement, RàPC, système complexe, risque.

**Title.** — *Case-Based Reasoning and complexe system : the example of muddy casting management*

**Abstract.** — To take in consideration the potential risks of landscape planning is now an usual practice in projects management. However, when an eventual and unknown risk is rising up, like a muddy casting for example, it is often neglected during the operations of arrangement. This article introduces a way to manage informations through formal cases and keep memory of them.

**Key-words.** — muddy casting, Case-Based Reasoning, complexe system, landscape planning.

## 10.1 Introduction

Dans le domaine de la prévention des risques, l'urbanisation est soumise à une réglementation stricte. Cependant, de nouvelles situations de vulnérabilités peuvent émerger devant la poussée des zones périurbaines et les interactions nouvelles que cela entraîne avec l'environnement.

La réutilisation de l'expérience est une approche classique en gestion des risques naturels, elle permet par exemple de concentrer l'action sur la prévention en proposant des solutions adaptées. Cette démarche dépend quasi exclusivement des connaissances et du point de vue des experts (personne ressource disposant d'un savoir issu de l'expérience).

Cependant, dans le Kochersberg, la zone étudiée au nord-ouest de Strasbourg (figure 10.1), le phénomène des coulées boueuses est récent, et suscite de fortes tensions autour de la vulnérabilité des zones urbaines à ce risque émergent. De par le caractère récent, émergent et complexe du risque de coulée boueuse, le recours à la réutilisation de l'expérience est limité par l'absence de personne experte et la rareté des informations sur les événements.

Dans ce contexte, le Raisonnement à Partir de Cas (RàPC) s'impose comme une alternative et constitue une démarche admise et validée dans de nombreux domaines : médical, informatique, résolution de problèmes techniques qui n'a jusqu'ici pas été exploitée dans la gestion et la prévention du risque.

Le travail présenté s'inscrit dans la volonté de prévenir la possibilité d'apparition du risque coulée boueuse en milieu périurbain. Depuis 1982, 38 cas de coulées boueuses ont été recensés dans la zone d'étude.

L'idée principale du travail repose sur la recherche d'information, sa formalisation et sa contextualisation systémique afin de la capitaliser et de la restituer selon un objectif de détection/prévention.

C'est pourquoi la problématique développée dans ce travail s'intéresse aux conditions d'apparition des coulées boueuses à partir de l'étude des cas observés entre 1997 et 2006. De plus, le risque étudié est défini en tant que système complexe émergent, c'est pourquoi le travail doit s'attacher à enregistrer l'information selon le contexte propre à chaque événement étudié, afin de mettre en avant les conditions d'apparition d'un tel mécanisme. L'objectif étant de proposer une démarche permettant la détermination de ces conditions d'apparition selon un impératif de contextualisation de l'événement. La démarche développée dans cette recherche s'appuie sur deux piliers principaux à savoir : un travail forgé selon l'objectif de restitution de la complexité du système étudié et le recours au Raisonnement à Partir de Cas.

Cette communication aborde successivement la complexité du système productif de coulée boueuse, propose une présentation succincte du Raisonement à Partir de Cas et son positionnement par rapport à la détection des vulnérabilités, décrit le modèle d'acquisition des connaissances et enfin présente les situations de vulnérabilité émergente et leurs visualisations.

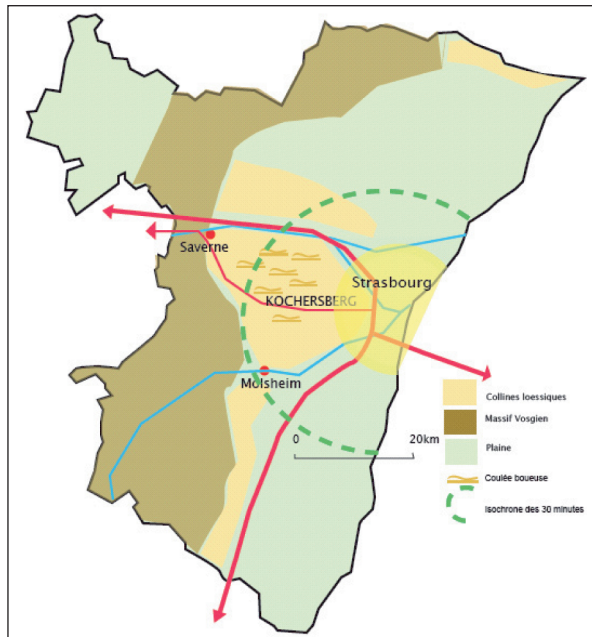


Fig. 10.1 Le territoire du Kochersberg (Bas-Rhin)

## 10.2 Le système productif de coulée boueuse

### 10.2.1 L'affrontement des systèmes

La coulée boueuse se caractérise par le déplacement, généralement brutal, d'une couche superficielle de terre à la suite d'orage violent. Elle est reconnue comme catastrophe naturelle par la loi de 1982 (Le Bissonnais et al., 2005). Au-delà du phénomène mécanique, la formation du risque des coulées boueuses résulte d'un processus complexe interdépendant de l'affrontement entre les trois systèmes qui composent le territoire du Kochersberg. En effet, le territoire du Kochersberg, caractérisé jusqu'il y a une vingtaine d'années par son homogénéité, était un territoire traditionnel organisé autour de l'agriculture. Ces collines loessiques au nord-ouest de Strasbourg constituaient un territoire fertile de grande culture (céréales et houblon). La percée périurbaine entraîne désormais une nouvelle donne organisée autour de trois systèmes : naturel, agricole et périurbain. La manifestation du risque semble apparaître dans les zones de télescopage entre le système agricole, le système naturel et le système périurbain.

Le système agricole est caractérisé par une agriculture intensive qui laisse les sols à nu une bonne partie de l'année, il est exploité par un faible contingent d'actifs gestionnaires d'une grande partie du territoire en s'efforçant de répondre à des objectifs de rentabilité. Le système agricole est en constant réajustement géographique : il gagne du ter-

rain sur le système naturel, et perd des surfaces cultivables au profit du système périurbain. Ses relations sont étroites avec le système rayonnant de l'agglomération strasbourgeoise (Bertrand et al., 2005).

Le système périurbain s'est substitué au système villageois traditionnel, il est caractérisé par des pratiques migratoires actives, il est attractif en terme d'offre résidentielle, il est déficitaire en matière d'emploi et de commerce, enfin c'est un système extensif consommateur d'espace (Hermia et al., 2005). Le système naturel est caractérisé par les échanges entre les différents biotopes qui le composent. Le système naturel est d'abord la mise en relation d'éléments géologiques, topographiques et climatologiques qui caractérisent un support de vie. Le système naturel est ensuite l'ensemble des éléments qui se superposent et forment un réseau favorisant la biodiversité par exemple (réseaux hydrographiques, ripisylves, prairies, forêts, zones inondables...).

Si les éléments nécessaires à la coulée boueuse sont d'abord issus du système naturel (topographie, géologie, pluviométrie), le risque de coulée boueuse se forme à la rencontre entre le système agricole et le système périurbain ; là où précisément le système naturel est le plus fragile, le moins stable.

Par conséquent, le travail repose sur l'hypothèse selon laquelle la vulnérabilité du territoire au risque de coulée boueuse est conditionnée par des facteurs qui dépassent le phénomène physique et mécanique et que la manifestation de l'événement se produit aux zones de tensions entre les différents systèmes qui s'inscrivent sur un même territoire (Bertrand et al., 2005). C'est pourquoi, le travail s'attache à restituer une information structurée permettant la mise en évidence des différentes composantes des systèmes qui interagissent avec l'événement de coulée boueuse.

### 10.2.2 Les propriétés du système complexe coulée boueuse

La principale caractéristique de la complexité est la propriété d'émergence. Par conséquent, l'événement de coulée boueuse est la qualité d'émergence du système. Aussi, l'appréhension de ce risque ne peut pas être abordée par une démarche classique analytique : une démarche qui viserait à étudier les différents composants du système sans considérer les interrelations qu'ils entretiennent fausserait la justesse des simulations d'évolution du système.

Le système productif de coulée boueuse est :

- décomposable en sous-systèmes : système agricole, système périurbain, système naturel ;
- dynamique : il oscille autour d'un point d'équilibre, et c'est du déséquilibre entre les différents systèmes que naît l'événement « coulée boueuse ». Chacun des sous-systèmes construit des fronts pionniers qui se traduisent dans l'espace par la progression géographique d'un système au détriment d'un autre ;
- lisible à différentes échelles spatiales et temporelles. La construction des systèmes évolue dans le temps. Par exemple, afin de se protéger des phénomènes connus du ruissellement, les communautés villageoises entretenaient des ceintures vertes (réseau de haies, prairies et vergers). Ce schéma a été bouleversé par les vagues successives de transformation agricole au cours du XX<sup>e</sup> siècle. La construction des systèmes évolue également dans l'espace, les systè-

mes agricoles et naturels prédominaient autrefois. L'inversion de cet équilibre au profit du système agricole et du système périurbain propose une nouvelle qualité émergente forte : l'émergence des coulées boueuses ;

- structuré : il est formé de relations et d'interrelations entre les différents objets qui composent le système. Mener une action sur l'un des objets composant le système ou modifier une relation revient à modifier par réaction en chaîne l'ensemble du système ;
- auto-organisé selon le résultat d'une interaction rétroactive entre les objets et les relations qui composent le système.

À partir de l'étude des arrêtés de catastrophe naturelle (Auzet et al., 2005), nous proposons de construire une démarche de détection des zones vulnérables, à partir d'un objectif de restitution de la complexité.

### 10.3 Le modèle d'acquisition des connaissances

Comme présentée ci-dessus la démarche choisie repose sur le RàPC. Il s'agit à partir de l'étude des expériences passées de mettre en évidence les conditions d'apparition de la coulée boueuse. Pour réaliser ce projet, un long travail amont de recherche et de formalisation de l'information s'impose.

#### 10.3.1 L'apport du RàPC

##### 10.3.1.1 Principes généraux du RàPC

Le terme de RàPC se dit d'une approche de résolution de problème basée sur la réutilisation par analogie d'expériences passées appelées cas. Le principe réside en la constitution d'une liste de problèmes *sources* auxquels on trouve une solution selon un principe de fonctionnement déduit. L'objectif principal de ce raisonnement est d'établir des relations de similarité entre les événements passés et des événements à venir afin d'établir des possibilités d'apparition du risque. Le raisonnement à partir de cas se décompose habituellement en quatre phases principales (Capus, 2003) :

- Une phase de recherche dont le but est de rechercher des cas ayant des similarités avec le problème courant.

- Une seconde phase, phase de réutilisation, permettant de construire une solution au problème courant en se basant sur les cas identifiés dans la phase précédente.
- Une troisième phase de révision de la solution permet de l'affiner grâce à un processus d'évaluation.
- Enfin une quatrième phase qui est une phase d'apprentissage, chargée de mettre à jour les éléments du raisonnement en prenant en compte l'expérience qui vient d'être réalisée et qui pourra ainsi être utilisée pour les raisonnements futurs.

Le travail mené ici se concentre sur la première phase théorique du RàPC.

##### 10.3.1.2 Objectif de la démarche

L'objectif global retenu pour ce travail est de proposer une démarche permettant la détermination des conditions d'apparition de la coulée boueuse au sein de son environnement systémique. Le premier objectif est de concevoir un système permettant de déterminer les possibilités d'apparition de la coulée boueuse dans son environnement systémique, selon l'étude des cas passés afin de pouvoir formaliser les possibilités d'apparition d'un nouvel événement. Le second objectif est de constituer l'architecture de la base de cas, en formalisant les conditions d'apparition des coulées boueuses, le but étant de situer l'objet « coulée boueuse » dans son environnement systémique.

La méthode utilisée doit mettre en évidence la diversité des situations et la complexité des cas particuliers.

Les systèmes de raisonnement à partir de cas utilisent généralement des méthodes très diverses pour réaliser les différentes tâches du raisonnement : remémoration de cas similaires, adaptation des solutions retrouvées, intégration du nouveau cas dans la mémoire.

La recherche de l'information s'est organisée en deux pôles :

- 1<sup>er</sup> pôle — restitution des savoirs sur l'événement, il s'agit de rassembler les informations expertes, bibliographiques, les documents officiels qui décrivent l'événement ;
- 2<sup>nd</sup> pôle — élargissement des connaissances au contexte de l'événement (figure 10.2).

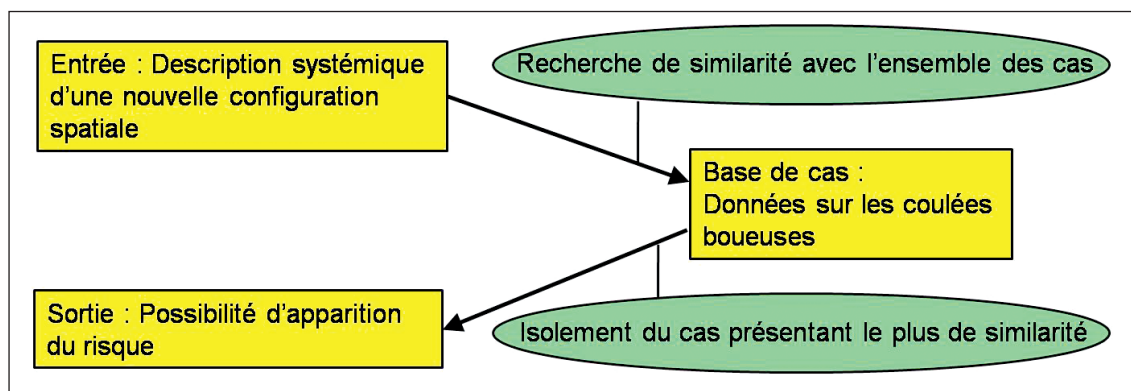


Fig. 10.2 Le système envisagé

### 10.3.2 La construction du script de cas

#### 10.3.2.1 Fondement théorique du script

Le RàPC trouve ses origines auprès des théories de traitement de l'information et plus particulièrement auprès du Modèle de Mémoire développé dans les travaux de Marvin Minsky, puis dans les travaux de Roger Shank sur le Modèle de Mémoire Dynamique (scripts) et qui le premier utilise l'expression de « Case-Based Reasoning » (Aamodt, 1990). L'idée principale véhiculée par la théorie de la mémoire dynamique est le fait que les processus cognitifs de compréhension, de mémorisation et d'apprentissage utilisent une même structure de mémoire. C'est pourquoi, le Raisonement à Partir de Cas s'inscrit dans l'héritage de Minsky et de Schank, en effet, selon une mémoire d'expérience organisée, on recherche le cas qui est au plus près du problème courant.

L'intérêt de construire un script de cas réside dans l'opportunité de doter la base de cas d'un squelette unique qui a pour objectif de favoriser la compréhension, la mémorisation et l'apprentissage.

On définit un « script » comme une structure de données regroupant l'ensemble des connaissances relatives à une situation typique, qui permet de combiner des représentations. Le script sert à stocker, organiser et structurer l'information.

#### 10.3.2.2 Le choix de l'information contenue dans le script : l'apport du modèle H-E-D

La question du choix des indicateurs contenu dans le script a été traitée selon deux idées principales qui sous-tendent la recherche. La première idée est que le choix des indicateurs doit révéler la structure fondamentale des territoires, sa constitution, son fonctionnement, ses particularités. La seconde idée est que ces informations doivent être complétées par des indicateurs propres à l'événement coulée boueuse, les indicateurs doivent nous renseigner sur les informations traitant des caractéristiques de l'environnement au moment  $t$ , et de la forme de l'événement.

C'est pourquoi, le modèle HED nous a paru être une base solide pour l'élaboration du script de cas servant à l'enregistrement des événements passés. En effet, le modèle Homme Espace Décision (H-E-D) modélise la structure du système territorial c'est-à-dire de l'ensemble des parties du système qui le compose. H-E-D représente au temps  $t$  de l'évaluation, l'état du système territorial étudié (Rolland-May C., 2000).

H-E-D constitue une approche simplifiée de la complexité des systèmes géographiques par le biais d'une étude ciblée des indicateurs composant le système afin d'en dégager les objets et les relations qui le caractérisent. Le système est formé de trois « briques » (Hommes, Espace, Décisions) totalement indépendantes, dispersées dans un ensemble systémique encore inorganisé, [...] qu'est le système territorial (Rolland-May C., 2000). La structure est notée :

$S = (H, E, D)$

$H$  = « Hommes », ensemble des structures humaines.

$E$  = « Espace », ensemble des structures spatiales.

$D$  = « Décisions », ensemble des structures décisionnelles officielles « DO » et officieuses « Do ».

Le degré de complexité du modèle est enrichi par l'adduction de sous structures (composantes). Des indicateurs nommés CB pour coulées boueuses compléteront le modèle pour s'adapter parfaitement à la définition de la problématique.

La structure du système est notée :

$S = (H, E, D, *)$

$*$  = CB (Coulée Boueuse)

#### 10.3.2.3 Le script de cas : $K_{CB}$

Au total 35 indicateurs décrivent le cas au sein d'un script. Chaque cas est renseigné et enregistré dans la base de cas selon l'expression standard ou d'un script de cas suivant :

$K_{CB(35)} = (H(i_{10}), E(i_{13}), D(i_1), CB(i_{10}))$

L'expression  $K_{CB(35)}$  renseigne l'utilisateur sur le nombre d'indicateurs qui servent à décrire un seul cas. Puis chaque composante du script de cas décrit quatre contextes de l'événement de coulée boueuse.

En effet, dix indicateurs décrivent la partie  $H$ , ils visent à situer les caractéristiques périurbaines des communes concernées par le risque (population, emploi, trajectoires). Ensuite, treize indicateurs décrivent l'espace et sont stockés dans la partie  $E$ . Ces indicateurs renseignent l'utilisateur sur les caractéristiques naturelles de l'environnement de la commune, puis sur l'espace en tant que support de l'activité anthropique (topographie de la commune, occupation des sols, diffusion du bâti).

Puis le  $D$ , décrit les supra décisions qui sont susceptibles de modifier durablement la structure d'un territoire (passage du TGV...), dans ce cas seule l'information passage du TGV sur le bassin versant est retenue comme indicateur.

Enfin, la partie  $CB$  est décrite par dix indicateurs qui apportent une information sur l'état de l'environnement au déclenchement de la coulée boueuse et nous renseigne sur la structure de la coulée boueuse et sur son cheminement.

## 10.4 Possibilité d'apparition du risque : simulation et visualisation

### 10.4.1 La recherche des similarités

La fonction de similarité est essentielle pour la réalisation d'un RàPC, elle vise à évaluer les proximités entre deux ou plusieurs situations. La similarité est le degré d'appariement entre deux cas. Après s'être assuré de la structure similaire dans le stockage de chaque cas, il devient possible de rechercher des correspondances entre descripteurs.

Le RàPC est basé sur la fonction d'appariement qui vise à évaluer les similarités entre deux ou plusieurs cas. Concrètement, il s'agit d'effectuer un calcul des distances entre les valeurs de chaque cas. Après s'être assuré de la structure similaire dans le stockage de chaque cas, il devient possible de rechercher des correspondances entre descripteurs. Précisément, la recherche de similarité est établie entre chaque paire « attribut valeur ».

Un programme basé sur un calcul des distances euclidiennes isole le cas ayant la description de problème la plus proche



possible de la description du nouveau problème. Il permet également de donner un poids important aux indicateurs qui ont une influence directe sur le cas et une valeur faible aux attributs ayant une faible influence contextuelle sur le cas en les pondérant. Par exemple les indicateurs de la catégorie CB ont plus d'influence que les indicateurs de la catégorie H. Par conséquent, lors de la recherche du cas du plus proche voisin, le cas isolé sera le cas ayant la description de problème la plus proche possible de la description du nouveau problème.

#### 10.4.2 Résultat : La vulnérabilité de l'ensemble de la zone

##### 10.4.2.1 Visualisation des zones sous tension : premiers résultats

La base est en cours de réalisation, cependant des résultats ont été obtenus à partir de l'enregistrement de cas cibles décrivant des communes situées sur le territoire du Kochersberg et qui n'ont jusqu'ici pas été victimes du phénomène. L'interrogation de la base K-CB souligne la similarité entre les situations des communes victimes et non victimes. En effet, l'homogénéité des cas pour l'ensemble de la région de l'étude est traduite par des résultats de similarité supérieure à 80% et pouvant aller jusqu'à 98%, dès lors que le cas cible décrit la situation d'une commune du Kochersberg. Par conséquent, des résultats mettent en évidence la vulnérabilité de l'ensemble de la région au risque de formation de coulées boueuses.

##### 10.4.2.2 Ouverture de la démarche de recherche vers les agents

La combinaison du RàPC et des chorèmes doit permettre de visualiser les spatialités et les dynamiques propres à chaque cas, et d'autre part elle doit permettre une démarche de généralisation de la situation servant à la diffusion de l'information et à la compréhension des résultats.

Les chorèmes sont un outil de communication et de diffusion des connaissances à destination des acteurs de terrain. La visualisation par les chorèmes favorise la compréhension des déséquilibres territoriaux dont une des manifestations est la formation des coulées boueuses. C'est pourquoi, l'intégration des chorèmes au sein de la démarche offre une passerelle entre, d'une part, l'univers de la recherche en connaissances des territoires et, d'autre part, la réflexion concertée autour d'un projet de territoire, les chorèmes sont un traducteur de l'information acquises scientifiquement (Lardon et al., 2001).

## 10.5 Distinction de deux modèles

### 10.5.1 Le modèle agri-environnemental : des configurations naturellement favorables

Les premiers résultats d'exploitation de la base de cas conduisent à constater des configurations naturellement favorables à la formation du phénomène des coulées boueuses. L'idée est que l'implantation de communes au creux de vallons à fortes pentes, dans un bassin versant présentant des

caractéristiques de sols sensibles à l'érosion est une implantation naturellement favorable à la formation de ce phénomène. Les interactions entre systèmes sont faibles, seule la disparition ou la réduction du système naturel favorise la formation de l'événement. Dans ce modèle, les facteurs dominants dans la formation des coulées boueuses sont la forte pente (supérieure à 6%) ainsi que le système de production agricole qui augmente l'érosion des sols (figure 10.3).

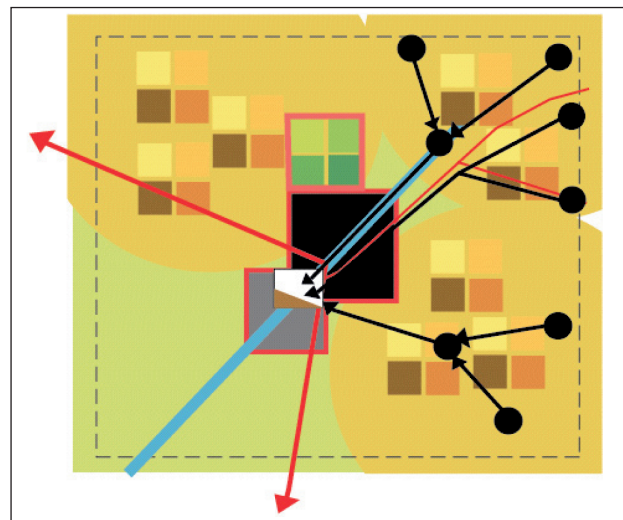


Fig. 10.3 Chorème du modèle agri-environnemental

### 10.5.2 Le modèle péri-agri-environnemental

Un second modèle se dessine en étudiant la base de cas. Certaines communes sont vulnérables alors qu'elles se situent dans un bassin versant aux pentes faibles (entre 2 et 6%). Ce modèle révèle une localisation des communes sur les versants. L'autre variable explicite à retenir est la faible longueur de la pente et par conséquent de la coulée boueuse. L'intensité du phénomène pluviométrique explique en partie la formation du phénomène.

Le lien entre le système naturel, le système périurbain et le système agricole est fort dans cette configuration spatiale d'autant plus que les champs sur lesquels se produit la coulée font directement face à la zone victime (figure 10.4).

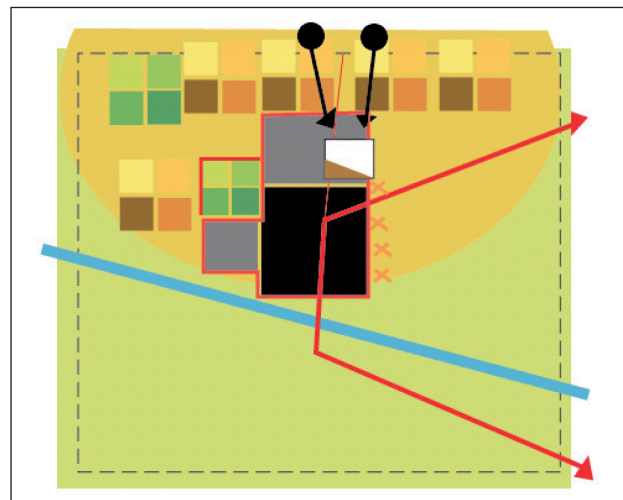


Fig. 10.4 Le modèle péri-agri-environnemental

## 10.6 Conclusion : Les conditions du risque

La construction de cette démarche holistique de diagnostic territorial constitue une étape préalable à tout processus de prise de décision. L'association des différents outils selon un contexte socio-éco-environnemental permet d'abord une hiérarchisation du rôle des systèmes présents sur le territoire de l'étude, ce qui peut conditionner le choix de levier d'action.

L'étude met en avant que l'ensemble des collines loessiques du Kochersberg est sensible au risque de coulées boueuses de par sa géologie et sa topographie : le rôle du système naturel est donc fort. Un premier levier d'action pourrait être la réalisation de ceinture verte autour des zones d'habitat.

Ensuite, le système agricole donne de l'ampleur aux conditions du risque posées par le système naturel ; il aggrave le caractère érosif des sols par ses pratiques et exerce des pressions fortes qui rendent les espaces de nature quasi inexistantes dans le Kochersberg. Par conséquent, des actions agricoles durables pourraient être menées comme la localisation des jachères sur les bassins versants à risque, la mise en place de cultures couvrant mieux les sols, etc.

Enfin le système périurbain et la pression consommatrice d'espace augmentent considérablement la vulnérabilité des communes à l'aléa. Des dispositions urbanistiques sont à prendre.

De plus, la démarche appuyée sur le RàPC doit pouvoir enregistrer les solutions mises en œuvre afin de dégager des éléments de prises de décisions. C'est pourquoi l'exploitation de la base est en devenir, il s'agira d'élargir le script de cas. Cette opération n'est jusqu'ici pas possible, car il n'existe pas de cas de mise en œuvre de solutions dans les cas précisément cités : si les solutions techniques, agricoles ou urbanistiques existent, elles sont soit à l'état d'étude, soit à la recherche de financement. Pour intégrer le volet solution, il paraît intéressant d'enregistrer dans K-CB, des événements de coulées boueuses survenus dans la région du Sundgau (Haut-Rhin) ou du Pays de Caux (Eure) et de présenter les solutions techniques ou non qui ont été réalisées.

Enfin, la démarche doit aboutir à un outil de communication et de compréhension des enjeux et des situations à risque à destination de l'ensemble des acteurs du bassin versant. Cet outil non technique doit servir de base de réflexion et de support de travail lors de la mise en place de plan de défense contre les coulées boueuses, au moment de l'élaboration ou de la révision du document d'urbanisme, lors de la délivrance des autorisations de défrichement ou des permis de construire. Les chorèmes semblent être un premier pas dans la réalisation de cet objectif.

## Remerciements

Nous adressons nos plus vifs remerciements à Christiane Rolland-May qui nous a épaulés dans l'appropriation de la méthode H-E-D.

## 10.7 Bibliographie

- AAMODT A. (1990) — *Knowledge-Intensive Case-Based Reasoning and Sustained Learning* ; Éd. AIELLO, Proc. of the 9th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'90), August 1990.
- AUZET A.-V. et al. (2005) — *Les « coulées de boue » dans le Bas-Rhin : analyse à partir des dossiers de demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle*, ULP.
- BERTRAND N., SOUCHARD N., ROUSIER N., MARTIN S., MICHEELS M.-C. (2005) — *Quelle contribution de l'agriculture périurbaine à la construction de nouveaux territoires : consensus ou tensions ?* ; Communication au Symposium international : territoires et enjeu du développement régional ; Lyon 9-11 mars 2005.
- LE BISSONNAIS Y., CERDAN O., LECOMTE V., BEN-KHADRA H., SOUCHERE V., MARTIN P., (2005) — *Spatial and temporal variability of soil surface characteristics influencing infiltration, runoff and interrill erosion of cultivated fields*. Auzet A.-V., van Dijk P., Kirkby M.J. [Eds]. *Surface Characterisation for soil erosion forecasting*. Catena, 62, pp. 111-124.
- CAPUS L. (2003) — *Vers des systèmes de raisonnement à partir de cas plus réutilisables et plus faciles à maintenir* ; présentation de séminaire de recherche, 15 janvier 2003.
- HERMIA J.-P., BAHRI A., EGGERICKX T., SANDERSON J.-P. (2005) — *Migrations et stratégies résidentielles de citadins en milieu périurbain et rural : attentes et perceptions vis-à-vis de la ville et de la campagne* ; Colloque faire-campagne, Rennes, 17-18 mars 2005.
- LARDON S., CAPITAINE M., LE BER F., METZGER J.-L. (2001) — *Chorèmes et graphes pour modéliser les interactions entre organisation spatiale et fonctionnement des exploitations agricoles* ; Journées Cassini.
- ROLLAND-MAY C. (2000) — *Évaluation des territoires concepts, modèle, méthodes* ; Hermès Science, Paris.

# 11 Une base de données géohistorique pour gérer les risques de demain, l'exemple de Vars (Hautes-Alpes, France)

Brice MARTIN

*CRESAT (Centre de Recherche sur les Economies, les Sciences, les Arts et les Techniques) Université de Haute-Alsace, 10, rue des frères Lumière, 68093 Mulhouse Cedex*

[brice.martin@uha.fr](mailto:brice.martin@uha.fr)

**Résumé.** — Confrontée à une extrême variété d'aléas naturels destructeurs, Vars a été jugée prioritaire dans le département des Hautes-Alpes pour la réalisation d'un Plan de prévention des risques. En parallèle avec les investigations du service instructeur, un travail de recherche à partir des archives a été mené. Son objectif était, non seulement de connaître les aléas, mais de les contextualiser pour en expliquer l'occurrence et l'évolution au travers de l'étude diachronique des facteurs naturels et anthropiques. Au-delà de faciliter le déroulement de la procédure d'instruction du PPR, il s'agissait également de permettre à la municipalité d'utiliser les informations collectées pour évaluer l'impact des réalisations futures et gérer les risques de demain, grâce à la mise à disposition d'une base de données géohistoriques combinant deux siècles d'informations sur les aléas et l'occupation du sol. Si son exploitation a permis l'orientation judicieuse de la politique de développement locale, les limites de l'outil sont rapidement apparues.

**Mots-clés.** — Vars, Alpes, géohistoire, risques naturels, base de données, facteurs anthropiques.

**Title.** — *A geohistorical database to manage the risks of tomorrow, the example of Vars (Hautes - Alpes, France)*

**Abstract.** — Confronted with an extreme variety of destructive natural hazards, Vars has been considered as a priority in the Hautes-Alpes for the realization of a "Plan de Prévention des risques" (PPR). In parallel with the investigations of the service instructor, a research work from archives was realized. Its goal was, not only assessment, but also hazards "contextualization" to explain occurrence and evolution through the diachronic study of the natural and anthropological factors. After facilitating the progress of the PPR instruction, it was also a question of allowing the municipality to use the information collected to estimate the impact of the future realizations and manage the risks of tomorrow, with providing a geohistorical database combining two centuries of information on hazards and landuse. If its exploitation leads to relevant orientation of the local development policy, the limits of this database quickly appeared.

**Key-words.** — Vars, Alps, geohistory, natural risks, database, human triggering factors.

## 11.1 Introduction

Située aux abords du massif du Queyras dans les Alpes du Sud (figure 11.1), la vaste commune de montagne de Vars<sup>1</sup> est confrontée à une extrême variété d'aléas naturels destructeurs (glissements de terrain, écroulements, laves torrentielles, crues éclairs, séismes, avalanches, etc.). Après avoir posé des problèmes aux activités traditionnelles agricoles, ils perturbent aujourd'hui le développement d'une des plus grandes stations touristiques des Alpes du Sud<sup>2</sup>. Fort logiquement, Vars a été jugée prioritaire dans le département des Hautes-Alpes pour la réalisation d'un PPR (Plan de prévention des risques) avec « l'avantage », pour les différents acteurs (habitants, élus locaux, services de l'État), de pouvoir s'appuyer sur un double travail d'expertise sur les aléas. En effet, en parallèle avec les investigations du service instructeur (RTM), a été réalisé,

1- 900 ha répartis entre 1650 et 3387 m d'altitude.

2- environ 20.000 lits touristiques et 180 km de piste dans le domaine skiable de la Forêt Blanche.

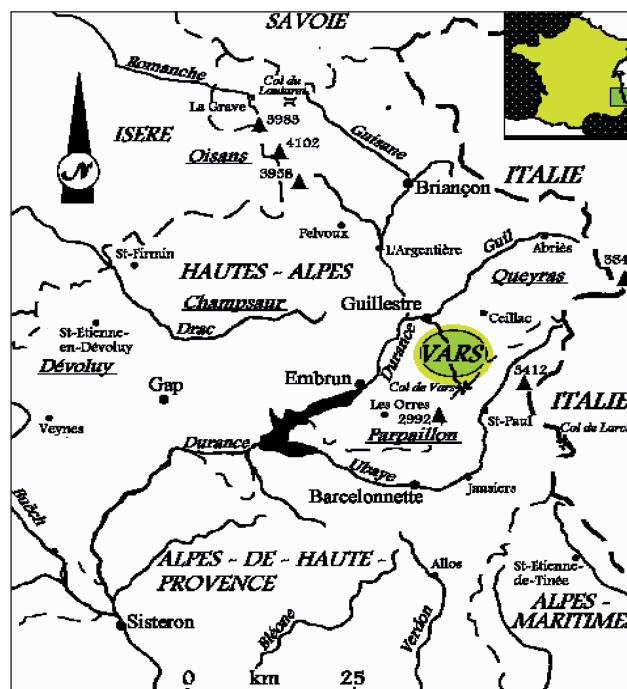


Fig. 11.1 Localisation de la commune de Vars

à la demande de la commune, un travail de recherche universitaire à partir des archives. Son objectif, original, était non seulement de connaître les aléas, mais aussi de les contextualiser et de les mettre en perspective pour en expliquer l'occurrence et l'évolution au travers des facteurs naturels et anthropiques. Leur rôle a pu clairement être établi grâce à la reconstitution de deux siècles de géohistoire des aléas et des modifications de l'occupation des sols. Le premier avantage de ce travail a été de « faciliter » le déroulement de la procédure d'instruction du PPR (Martin, 2004). Mais, au-delà, il s'agissait également de permettre à la municipalité d'utiliser les informations collectées pour évaluer l'impact des réalisations futures et gérer les risques de demain, grâce à la mise à disposition d'une base de données combinant les informations spatio-temporelles sur les aléas et l'occupation du sol. Si son exploitation a permis d'informer la population (en particulier les nouveaux arrivants) et d'orienter judicieusement la politique locale de développement depuis plusieurs années, l'outil n'a guère évolué et ses limites sont rapidement apparues. Elles portent principalement sur les moyens disponibles dans une « petite commune » (636 habitants) pour assurer la pérennité des connaissances et la continuité de l'information, notamment à la lumière d'événements récents (laves torrentielles, mouvements de terrain).

## 11.1 Constitution de la base de données

La constitution de la base de données a été initiée dans le cadre d'un travail de thèse débuté en 1991 (Martin, 1996) et son contenu a été régulièrement enrichi depuis cette date.

### 11.2.1 Objectifs généraux : « comprendre le passé pour anticiper le futur »

L'objectif principal de la constitution d'une base de données est d'apporter des connaissances sur les aléas, leurs causes et leurs conséquences. Il s'agit non seulement de reconstituer leur chronologie géohistorique, mais également d'en expliquer l'occurrence et l'évolution diachronique en privilégiant une approche systémique, globale et non sectorielle. Au service des acteurs locaux, la base de données se veut un outil d'information et de bonne gouvernance permettant d'orienter les politiques de développement dans une logique de prévention des risques.

### 11.2.2 Les sources

Les sources d'informations associent un travail de terrain entrepris dès 1988, et un dépouillement des archives disponibles depuis le début du XIX<sup>e</sup> siècle. De nature très variée, ces dernières couvrent les périodes importantes de l'histoire récente de la commune (surpopulation relative, exode rural /déprise agricole, développement touristique, aléas catastrophiques, etc. ; figure 11.2).

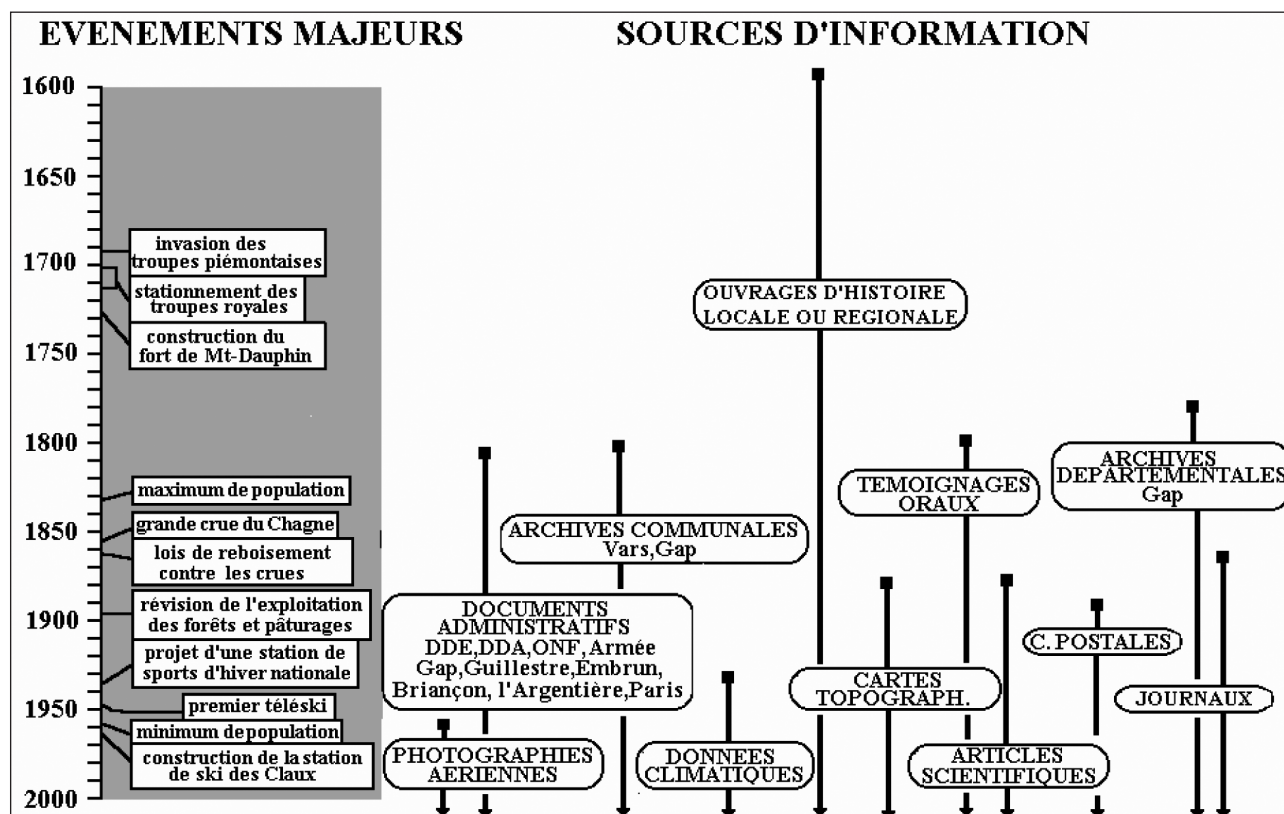


Fig. 11.2 Périodes couvertes par les différentes sources d'information dépouillées et événements importants de l'histoire de Vars



### 11.2.3 Les informations (contenu)

Au total, observations directes et dépouillements d'archives ont fourni près de 2800 informations correspondant à près de 2300 « événements différents ». Ils concernent majoritairement l'occupation du sol (2/3), mais les aléas se révèlent à la fois nombreux et variés, témoignant du souci historique qu'ils constituent pour la commune (tableau 11.1).

| types d'information        | Nombre d'informations | Événements différents |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>ALÉAS</b>               |                       |                       |
| Climat                     | 112                   | 89                    |
| Crue                       | 205                   | 182                   |
| mouvement de terrain       | 377                   | 327                   |
| tremblement de terre       | 18                    | 9                     |
| érosion                    | 164                   | 149                   |
| avalanche                  | 47                    | 26                    |
| Total                      | <b>923</b>            | <b>782</b>            |
| <b>OCCUPATION DES SOLS</b> |                       |                       |
| bâti                       | 71                    | 61                    |
| routes                     | 156                   | 143                   |
| réseau hydrographique      | 109                   | 88                    |
| forêt                      | 560                   | 469                   |
| pâturage                   | 444                   | 339                   |
| cultures et prés           | 269                   | 199                   |
| carrières et mines         | 24                    | 22                    |
| domaine skiable            | 105                   | 92                    |
| réseau électrique          | 2                     | 2                     |
| total                      | <b>1756</b>           | <b>1415</b>           |
| <b>DÉMOGRAPHIE</b>         | <b>91</b>             | <b>69</b>             |
| <b>total contenant</b>     |                       |                       |
| nb d'informations          | <b>2770</b>           | <b>2266</b>           |
| nb de documents différents | <b>1053</b>           |                       |

Tableau 11.1 Contenu de la base de données

### 11.2.4 La base de données (contenant)

Les informations, par nature très diverses, sont néanmoins intégrées dans une base de données unique, en fonction des localisations et de la toponymie du cadastre. Il ne s'agit pas de données brutes mais d'informations corrigées des erreurs de description, de localisation spatiales et temporelles, etc. Pour les aléas, les phénomènes sont décrits ainsi que leurs causes et conséquences connues. L'association dans la base de données des sources sur les aléas et sur l'occupation des sols a pour objectif de permettre le croisement de l'information selon une approche systémique de la relation aléas — facteurs explicatifs dans le temps et dans l'espace. En effet, l'ensemble des causes potentielles a été pris en compte de manière conjointe, afin d'évaluer le rôle respectif des facteurs naturels et anthropiques, ainsi que les effets dominos entre aléas de nature différente.

## 11.3 Interprétation : des archives à la géohistoire des risques

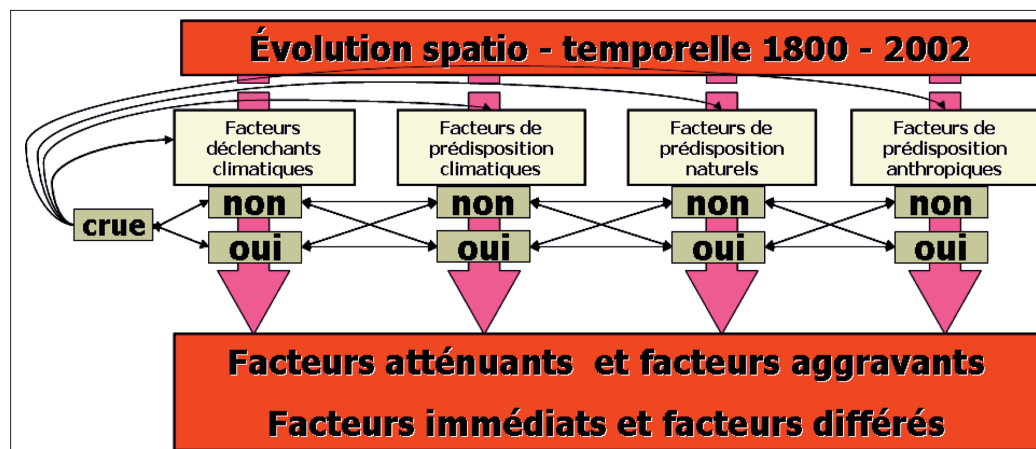
### 11.3.1 Simple

À partir des informations contenues dans la base de données, ont d'abord été réalisés des documents de synthèse « simples » sous forme de diagrammes ou de cartes, destinés à fournir un panorama de l'évolution diachronique des différents types d'information (aléas, climat, occupations du sol) et à permettre l'indispensable analyse critique des lacunes et des surabondances de données dans le temps et dans l'espace (Martin, 1996).

### 11.3.2 Complexe

Ces premiers travaux ont fourni les directions pour la réalisation de synthèses « complexes » croisant les informations. Pour chaque aléa recensé dans les archives on a cherché à déterminer quels facteurs étaient impliqués dans leur occurrence ou leur évolution (figure 11.3). Puis on a effectué la démarche inverse, à savoir rechercher dans quelle mesure chaque facteur explicatif potentiel (naturel ou anthropique) avait ou non une influence sur les aléas. En simplifiant, car ce n'est pas là l'objet de cet article, à partir de synthèses

Fig. 11.3 Méthode de recherche des correspondances spatiales et temporelles entre les aléas et les facteurs déclenchants et de prédisposition naturels et anthropiques



graphiques et statistiques (Martin, 1996), il a pu être établi que l'évolution des aléas était le résultat de la combinaison de **facteurs déclenchants** (majoritairement naturels) et de **facteurs de prédisposition** (naturels et anthropiques) aux effets plus ou moins différés, qu'il faut, de plus, diviser entre **facteurs aggravants** et **facteurs atténuants** (cf. exemple en 11.4.2).

Ainsi, pour chaque quartier du cadastre et chaque cours d'eau varsinc, on dispose d'une fiche signalétique regroupant les données disponibles sur l'occupation du sol (typologie, extension, évolution) et les aléas (typologie, extension, intensité/gravité, évolution, gestion) pour lesquels sont évidemment indiqués les facteurs déclenchants et les facteurs de prédisposition, les facteurs aggravants et atténuants. Enfin, figurent également des conseils/préconisations en termes d'aménagements et d'occupation du sol destinés à éviter l'aggravation des aléas, l'augmentation de la vulnérabilité et donc l'aggravation des risques.

## 11.4 Exploitation

### 11.4.1 recherche appliquée

L'intérêt de ce type de travail et d'outil (base de données, documents de synthèse, fiches signalétiques) est de s'inscrire dans une logique appliquée, qu'on peut caractériser de recherche-action en termes de prévention et de gestion des risques. Ces travaux ont été menés en parallèle avec l'instruction d'un Plan de prévention des risques relativement conflictuel. L'avantage de la mise à disposition des informations diachroniques collectées dans les archives pour ce type de procédure a déjà été évoqué par ailleurs (Martin, 2004), on se contentera donc d'en rappeler les grandes lignes :

- constitution et mise à disposition d'une base de connaissance commune aux différents acteurs : service instructeur (RTM), élus, citoyens ;
- information/sensibilisation aux aléas et aux risques des acteurs locaux ;
- dialogue/concertation entre les acteurs grâce à la « réappropriation » d'une procédure construite sur les éléments d'une histoire varsinne et la valorisation des mémoires locales ;
- apaisement des conflits liés à la non-acceptation de la procédure (risques apparaissant comme exogènes), grâce à la re-territorialisation du risque (Martin, 2006) ;
- optimisation du zonage réglementaire, débouchant, après 6 ans de procédure, sur un compromis entre la prise en compte des risques et les nécessités de développement de la commune. L'exemple ci-dessous va permettre de juger de l'importance de la concertation appuyée par les informations géohistoriques issues de la base de données.

### 11.4.2 Exemple

Le problème le plus difficile de la négociation du PPR de Vars concernait incontestablement le hameau de Sainte-Marie de Vars, porte d'accès secondaire au domaine skiable et siège de nombreuses infrastructures communales (mai-

rie, services techniques, etc.). Situé sur le cône de déjection du torrent du Chagnon, il a été inondé et partiellement détruit à de nombreuses reprises depuis la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, notamment lors de laves torrentielles (1843, 1900) et des grandes crues de 1856 et 1957 (Tricart, 1958), dernier événement destructeur en date. Tout l'enjeu était donc de savoir si, par conséquent, l'intégralité du hameau devait être placée en zone inconstructible. Or, l'étude comparée des crues du Chagnon et des modifications de l'occupation du sol sur deux siècles, montre l'efficacité de l'association de mesures actives (digues, enrochements, barrages) et passives (reboisements, drainages, changements des pratiques pastorales), aux effets immédiats ou différés (figure 11.4). La contextualisation des crues historiques a donc conduit, fort logiquement, à considérer que le risque avait diminué<sup>3</sup>, permettant le placement de la plus grande partie du hameau en zone constructible « sous condition ». La comparaison de la zone inondée en 1856 et 1957 et du zonage réglementaire (figure 11.5), ne constitue donc pas un cas flagrant de sous-évaluation du risque, mais de prise en compte raisonnée, pragmatique, d'une diminution d'un risque devenu socialement, économiquement et humainement acceptable. Un résultat qui prouve encore une fois l'intérêt d'une approche systémique des risques (Pigeon, 2005).

## 11.5 Évaluation

Lorsque l'on développe un outil dans une logique appliquée, ou de recherche-action, la démarche ne peut être considérée comme aboutie sans retour d'expérience, en l'occurrence : comment la commune s'est appropriée la base de données et les synthèses qui en découlent ? Quel est l'usage qui en a été fait ? Quels sont les points positifs ou négatifs, après dix ans d'utilisation ?

### 11.5.1 Aspects positifs

Hormis le cas du PPR évoqué précédemment, on peut considérer tout d'abord que la base de données et les documents connexes ont permis d'entreprendre des actions de réduction des risques. Soit en agissant pour la réduction des aléas (rétablissements de drainages agricoles, limitation du damage des pistes en hiver dans les zones en mouvement, curage/entretien des cours d'eau, etc.), soit en limitant la vulnérabilité, avec quelques mesures phares telles que la fermeture du camping (risques de mouvements gravitaires rapides et de laves torrentielles) ou les restrictions d'urbanisation (abandon d'un projet d'extension de la station du fait des instabilités de la route d'accès), indiquant une forte responsabilisation des élus à la question de la prévention des risques. Ceci n'a été possible que grâce au développement d'une culture du risque et d'une meilleure acceptation, notamment chez les élus<sup>4</sup>. Là se situe incontestable-

3- Les travaux de correction torrentielle ont été menés par le RTM, lui-même instructeur du PPR. Placer le hameau en zone inconstructible revenait de facto à considérer leurs propres travaux comme inefficaces...

4- On peut en juger à la lecture du bulletin municipale de Vars « le petit Varsinc » n°11, été 2007. <http://www.mairiedevars.com/sources/petitvarsinc.asp#>



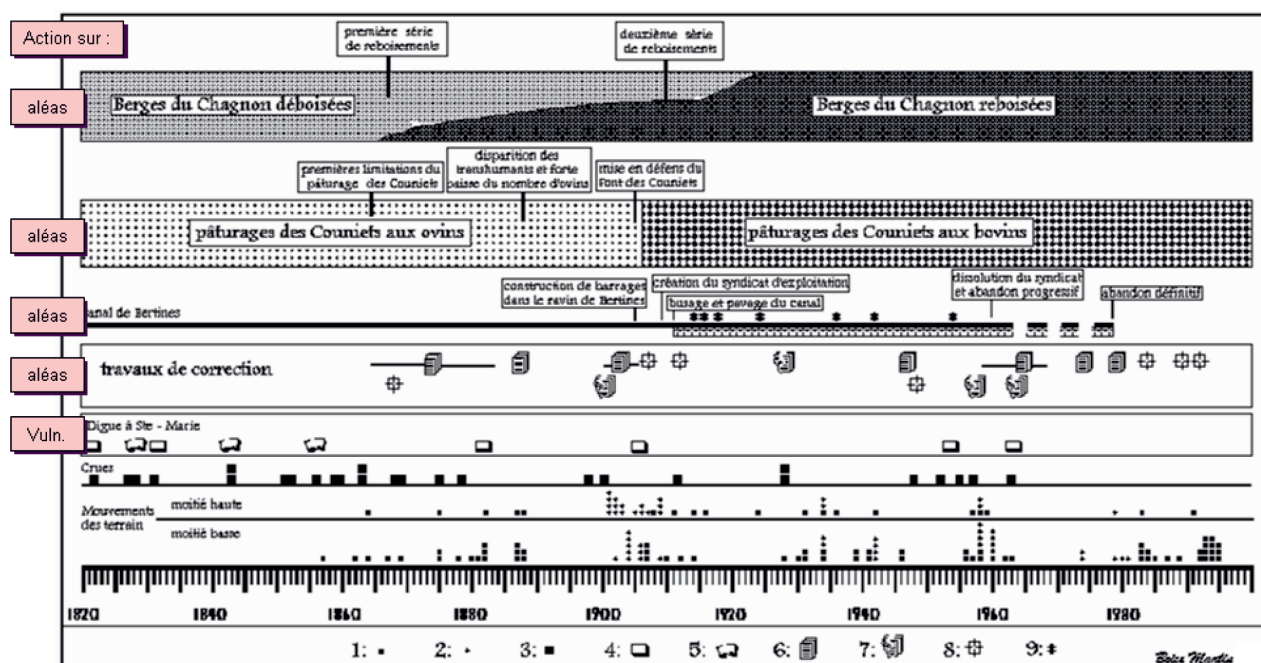


Fig. 11.4 Correspondances spatiales et temporelles entre les crues dommageables du Chagnon et les facteurs de prédisposition favorables ou défavorables, anthropiques et naturels (mouvements de terrain en liaison avec les laves torrentielles)

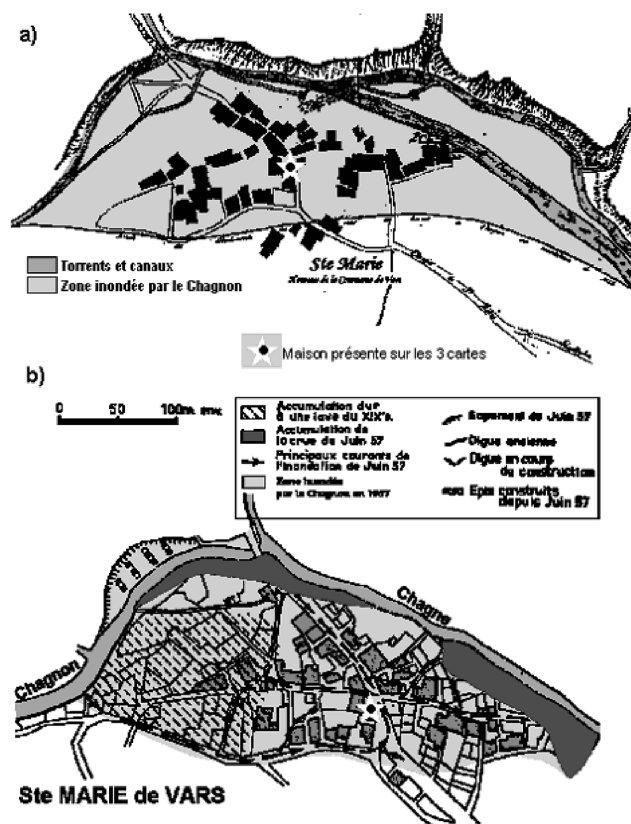


Fig. 11.5 Inondations historiques et zonage réglementaire à Ste-Marie de Vars

a) Inondation de mai 1856 ; Sources : Arch. Départ. des Hautes-Alpes, série S2177 ; Délibérations. du Conseil Municipal de Vars 14 juin 1856.

b) Inondation de juin 1957 ; Sources : TRICART J. (1958) : « notes sur la protection de Ste-Marie » rapport pour le Min. de l'Agriculture ; Arch. des services de la RTM des Hautes-Alpes ; Délib. du Conseil Munic. de Vars 07 juillet 1957.

c) Extrait du Plan de prévention des risques naturels prévisibles, Commune de Vars, 2001, Zonage réglementaire planche n°2. R = zone inconstructible, B = zone constructible sous condition. En tiretés blancs limite entre les zones R et B dans Ste-Marie.



ment le second point positif de la constitution de la base de données géohistoriques. Enfin, il faut également évoquer l'intérêt que constitue cet outil diachronique en termes de gestion de crise, la commune et les services techniques ayant connaissance des caractéristiques spatiales et temporelles des phénomènes dangereux, des conditions de leur occurrence, de leurs conséquences et des moyens à mettre en œuvre pour en réduire le coût.

### 11.5.2 Aspects négatifs

Toutefois, il est nécessaire de souligner également les limites de l'utilisation de la base de données. Elles sont tout d'abord d'ordre technique : en effet, il s'est posé le problème de l'inadéquation de l'outil informatique (logiciel et ordinateur) et de l'insuffisance de formation des utilisateurs potentiels. On a beau se situer dans une « grande » station touristique, on n'y trouve pas forcément le même matériel et les mêmes compétences informatiques que dans un centre de recherche universitaire. Ensuite, il faut que l'outil soit accessible ; aux décideurs concernés et, au-delà, à un public plus large dès lors que l'on a pour objectif de construire une véritable culture du risque partagée par tous les acteurs, et d'autant plus fondamentale dans une commune où les habitants ont très souvent leurs racines ailleurs. Or, ce problème de l'accessibilité à l'information n'a pas été réellement résolu, et d'autant moins que l'on s'est trouvé confronté à des exemples d'instrumentalisation des risques suite à des litiges fonciers. Mais, hormis ce cas un peu particulier, la population éprouve-t-elle réellement le besoin d'accéder aux informations sur des risques inconnus, oubliés, négligés, voire niés pour des raisons variées (Favier & Granet-Abisset, 2005) et, après tout, parfaitement « gérés » par les décideurs locaux ? Jusqu'à ce qu'une catastrophe vienne révéler plus crûment encore l'ampleur de la déresponsabilisation issue en grande partie du système actuel de gestion des risques en France.

On en vient au dernier problème de la base de données, à savoir la mise à jour indispensable de l'outil, et se repose la question des compétences et des disponibilités évoquée précédemment. La solution, moyennement satisfaisante, a consisté à mettre à jour les informations à distance, en s'appuyant uniquement sur un réseau d'observateurs locaux mais au prix d'une rude bataille contre les oublis, les imprécisions, les disponibilités fluctuantes et, surtout, les changements d'interlocuteurs liés aux mutations professionnelles, départs en retraite, etc. Mais, au-delà de la simple collecte, il convient surtout d'évoquer le problème de la qualité et de la continuité de l'information, qui dépendent de l'observation spontanée et de l'endommagement (amenant des observations non-spontanées). Or, le rapport aux événements s'est constamment modifié avec le temps, du fait du passage d'une petite collectivité agricole en déclin à une station touristique florissante, d'une inversion de l'importance des saisons (l'hiver passant du statut de saison morte à celui de saison pleine), et d'une amélioration considérable des techniques. Des secteurs agricoles, aujourd'hui à l'abandon, étaient l'objet de toutes les attentions au XIX<sup>e</sup> siècle. À l'inverse, le domaine skiable actuel se situe dans des espaces délaissés jusqu'aux années 1960. On peut donc se retrouver face à une diminution ou à une augmentation des informations relatives aux aléas sans que ce soit nécessairement en lien avec leur évolution et leur activité réelle.

De plus, lorsqu'au siècle dernier, un mouvement de terrain barrant un chemin nécessitait le travail de toute la communauté pendant plusieurs jours, on en trouvait la trace dans les archives. Ce n'est, hélas, plus le cas dès lors que le problème peut être réglé en peu de temps par une personne et un engin de chantier. Cette banalisation des événements au profit des seuls phénomènes « exceptionnels » contribue encore davantage à la discontinuité spatiale et temporelle de l'information contenue dans la base de données et rend son utilisation et son interprétation délicate, comme l'illustre l'occurrence « non-prévisible » de phénomènes inédits, en raison, soit d'une fréquence faible (laves torrentielles en 2003), soit d'une évolution des facteurs déclenchants ou de prédisposition (mouvement de terrain en 2001). Cette difficulté quant à la « fabrication » des archives contemporaine sur les risques est parfaitement illustrée à travers l'examen, pour Vars, des arrêtés de catastrophes naturelles, une des sources d'information actuelles les plus intéressantes de par sa disponibilité sur l'ensemble du territoire français depuis 25 ans. Or, que constate-t-on ? Alors que plus de 70 événements significatifs ont pu être observés à Vars (laves torrentielles, mouvements de terrain, crues éclair, avalanches) depuis 1982 et qu'on se situe dans une des communes les plus à risques du département des Hautes-Alpes, on ne relève qu'un seul arrêté de catastrophe naturelle, situation atteinte et souvent dépassée pour plus de 30 000 communes en France. Ce cas de figure montre à quel point tout travail sur les arrêtés de catastrophe naturelle en géographie des risques nécessite une réflexion préalable sur la manière d'interpréter ce type de source, apparemment moins lié aux aléas qu'aux vulnérabilités, notamment institutionnelle (Leone & Vinet, 2006) ou organisationnelle (Gilbert, 2005), au sens de l'analyse des politiques publiques dans un contexte de déresponsabilisation des acteurs des scènes locales du risque.

## 11.6 Discussion

Parmi les solutions qui peuvent être envisagées pour rendre les informations plus accessibles et plus efficaces, on peut en évoquer trois : tout d'abord, l'utilisation d'un SIG construit à partir des informations de la base de données. S'il est peu envisageable au niveau communal pour des questions de moyens humains et techniques, l'outil existe par contre déjà pour la structure intercommunale (SIVOM de Guillestre). Mais hormis le fait que les objectifs d'intégration spatiale des risques y soient assez simplifiés, l'utilisation de ce SIG nécessiterait, pour toutes les communes, une homogénéisation des informations sur la base varsinne d'une étude diachronique des aléas et de l'occupation des sols au cours des deux derniers siècles. Ce qui rend cette solution difficile à mettre en place. La seconde possibilité consisterait à maintenir une collaboration universitaire forte avec la commune de Vars mais, au-delà du fait qu'elle ait affiché ses limites, elle entretient une forme de dépendance et de non-appropriation de l'outil par les acteurs locaux qui ne garantit en rien sa pérennité. La troisième solution repose sur une constatation qui appelle à beaucoup d'humilité : malgré la mise à disposition de la base de données, les acteurs locaux ont continué à privilégier la consultation d'une version papier avec cartes et documents de synthèse. En dépit de l'intérêt

de la démarche géohistorique et de l'approche interdisciplinaire de la question des risques, de son apport en termes de gestion des risques, il y a, de toute évidence, décalage entre la vision du chercheur et les besoins des acteurs de terrain, la base de données s'avérant trop lourde d'utilisation. Plutôt que de se réduire à concevoir des outils potentiellement « utilisables » sur le terrain, toute recherche appliquée se doit d'être à l'écoute des besoins et des attentes des utilisateurs effectifs très en amont de la démarche, sous peine de fabriquer des usines à gaz. On en vient donc logiquement à réfléchir à un nouvel outil, plus synthétique, plus accessible et moins contraignant en termes de suivi et de mises à jour. Il s'agirait d'un site Internet présentant le territoire varsinc découpé en secteurs homogènes à partir des dénominations du cadastre et comprenant l'essentiel des fiches signalétiques évoquées en 11.3.2 : description simple de la typologie et de l'évolution des aléas et de l'occupation des sols, indices synthétiques de prédisposition naturelle et anthropique aux aléas, indices d'activité des aléas (actuelle et passée), préconisations pour réduire les risques (actions sur les aléas et la vulnérabilité) ou, au moins éviter de les aggraver. En anticipant ainsi les risques de demain, des actions bien conduites pourraient, à terme, justifier une révision du PPR. Mais, à Vars ou ailleurs, qui, des communes comme de l'État, a vraiment intérêt à rouvrir ce type de procédure, tant que l'on n'est pas en face d'une impasse sur le plan des disponibilités foncières ?

## 11.7 Bibliographie

- FAVIER R. & GRANET-ABISSET A.-M. (2005) — Histoire et mémoire : histoire du climat et des risques naturels en France — *Les risques climatiques*, collectif sous la direction de D. Lamarre, Belin, Paris, pp. 9-34.
- GILBERT C. (2005) - Erreurs, défaillances, vulnérabilités : vers de nouvelles conceptions de la sécurité ? — *Risques, crises, incertitudes : pour une analyse critique, cahier du GIS Risques Collectifs et Situations de Crise*, n°3, MSH-Alpes, Grenoble, pp. 69-116.
- LEONE F. & VINET F. (2006) — La vulnérabilité, un concept fondamental au cœur des méthodes d'évaluation des risques naturels — *La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles*, coll. Géorisques n°1, GESTER, Publications de l'université Paul-Valéry — Montpellier III, pp. 9-26.
- MARTIN B. (1996) — *Les aléas naturels à Vars (Hautes-Alpes, France), le rôle des facteurs naturels et des facteurs anthropiques dans leur occurrence et leur évolution de 1800 à nos jours* — Thèse de doctorat de l'Université Louis Pasteur, Strasbourg, 583 p. + annexes.
- MARTIN B. (2004) — Spatialisation des risques naturels — *Pour une Histoire Culturelle du Risque*, éd. H&A Strasbourg, pp. 171-188.
- MARTIN B. (2006) — Expertise et risques majeurs : le point de vue du géographe — *Droit de l'Environnement*, n°142, pp. 314-323.
- PIGEON P. (2005) — *Géographie critique des risques* — *Economica*, 217 p.
- TRICART J. (1958) — La crue de la mi-juin 1957 sur le Guil, l'Ubaye et la Cerveyrette — *Revue de Géographie Alpine*, T. IV – 2, pp. 565-627.



# 12 L'indispensable réanalyse des bases de données sur les cyclones tropicaux

Karl HOARAU

Laboratoire M.R.T.E., Université de Cergy-Pontoise  
33 boulevard du Port  
95011 Cergy-Pontoise cedex  
Khoarau@aol.com

**Résumé.** — Une étude américaine prétend avoir trouvé un lien entre le réchauffement climatique actuel et une tendance nette à l'augmentation de l'intensité des cyclones tropicaux. En effet, selon Webster et al. (2005), le nombre de cyclones de catégories 4 et 5 aurait fortement augmenté entre 1975 et 2004 alors que la température de l'océan n'aurait subi qu'une hausse de 0,3°C. Une réanalyse de la base de données utilisée par ces chercheurs indique que l'intensité des cyclones du Pacifique Sud, bassin test, a été sous-estimée durant la décennie 1980-1989. En outre, il existe une diminution régulière du nombre de cyclones intenses entre 1980 et 2008, remettant en cause les conclusions de Webster et al. (2005) qui avaient trouvé un doublement dans ce bassin cyclonique.  
**Mots-clés.** — réchauffement climatique, cyclones de catégories 4 et 5, température de la mer, bases de données.

**Title.** — *The indispensable reanalysis of the databases on tropical cyclones*  
**Abstract.** — An american study has addressed changes in tropical cyclone intensity and their relationship to global warming. In fact, Webster and al. (2005) would have found a dramatic increase of Category 4 and 5 cyclones accompanied by a 0,3oC sea surface temperature increase from 1975 to 2004. A reanalysis of the data used by these researchers indicates that the cyclones intensity of the south Pacific, an experimental basin, has been underestimated in the 1980-1989 decade. Moreover, the number of cyclones has decreased between 1980 and 2008. This denied the conclusions of Webster and al. (2005) who found a near doubling in this particular basin.  
**Key-words.** — global warming, categories 4 and 5 cyclones, sea temperature, databases.

## 12.1 Introduction

La relation entre le réchauffement global et l'activité cyclonique est devenue un important sujet de débats depuis trois ans. En effet, Webster et al. (2005) ont affirmé que l'augmentation de la température de l'océan, décelée depuis le début des années 1970, aurait été accompagnée, dans tous les bassins du globe, d'une hausse significative du nombre de cyclones tropicaux intenses générant des vents soutenus d'au moins 115 nœuds, soit les catégories 4 et 5 (Saffir and Simpson, 1974). Les conclusions de cette étude ont été largement médiatisées à tel point que chaque épisode cyclonique, même banal, est systématiquement associé au changement climatique. Curieusement, deux articles (Klotzbach, 2006; Landsea et al., 2006), mettant en doute les données utilisées par Webster et al. (2005) ainsi que leurs résultats, n'ont pas rencontré le même engouement médiatique. Les apports de ces travaux sont à l'origine d'un certain nombre de questions. Quelle est la fiabilité des bases de données utilisées actuellement ? Une faible augmentation de la température de l'océan peut-elle provoquer une variation importante du nombre de cyclones violents ? Pour tenter de clarifier le débat, il était nécessaire d'exposer brièvement les conclusions d'études américaines, d'expliquer les raisons d'une réanalyse des données des archives et de procéder à un test dans un bassin cyclonique.

## 12.2 Les résultats contrastés de deux études américaines

### 12.2.1 Une très forte hausse du nombre de cyclones de catégories 4 et 5 d'après Webster et al. (2005)

| Bassins cycloniques     | 1975-1989 | 1990-2004 | Variations (%) |
|-------------------------|-----------|-----------|----------------|
| Ouest du Pacifique Nord | 74        | 116       | + 56,7         |
| Est du Pacifique Nord   | 36        | 49        | + 36,1         |
| Sud de l'Océan Indien   | 23        | 50        | + 117,4        |
| Atlantique Nord         | 16        | 25        | + 56,2         |
| Pacifique Sud           | 10        | 22        | + 120          |
| Nord de l'Océan Indien  | 1         | 7         | + 700          |
| Total                   | 160       | 269       | + 68,1         |

Source : d'après Webster et al. (2005).

Tableau 12.1 L'évolution du nombre de cyclones de catégories 4 et 5 dans les bassins du globe entre 1975 et 2004



Pendant les années 1970 et 1980, selon Webster et al. (2005), on comptait une moyenne annuelle d'une dizaine de cyclones de catégorie 4 et 5 dans le monde (tableau 12.1). Depuis 1990, le chiffre serait passé à 18 par an. Il est à noter que dans la région où les données sont considérées comme les plus sûres, l'Atlantique Nord, Landsea (2005) rapporte, de 1945 à 1965, une forte activité en cyclones de catégorie 4 et 5 comparable à celle observée depuis 1995. Entre ces dates, il y a eu une période de calme. Il y aurait donc des cycles dans l'activité des cyclones intenses. Ces données sont considérées comme assez fiables puisque c'est le seul bassin qui bénéficie des reconnaissances aériennes dans de nombreux ouragans depuis 1944. Les chiffres indiquent un doublement du nombre de cyclones de catégorie 4 et 5 après 1990 dans les bassins cycloniques de l'hémisphère sud, le sud de l'Océan Indien et le Pacifique Sud.

#### 12.2.2 Une hausse modérée du nombre de cyclones de catégories 4 et 5 d'après Klotzbach (2006)

| Bassins cycloniques     | 1986-1995 | 1996-2005 | Variations (%) |
|-------------------------|-----------|-----------|----------------|
| Ouest du Pacifique Nord | 75        | 76        | +1,3           |
| Est du Pacifique Nord   | 37        | 23        | -60,9          |
| Sud de l'Océan Indien   | 26        | 36        | +38,5          |
| Atlantique Nord         | 10        | 25        | +150           |
| Pacifique Sud           | 13        | 16        | +23            |
| Nord de l'Océan Indien  | 3         | 4         | +33,3          |
| Total                   | 164       | 180       | +9,7           |

Source : d'après Klotzbach (2006).

Tableau 12.2 L'évolution du nombre de cyclones de catégories 4 et 5 dans les bassins du globe entre 1986 et 2005

Afin de limiter l'impact des données moins fiables de la décennie 1970 et du début des années 1980, Klotzbach (2006) a utilisé la période 1986 à 2005. Ce chercheur montre une très forte augmentation du nombre de cyclones de catégories 4 et 5 dans l'Atlantique Nord, et une forte diminution dans l'est du Pacifique Nord (tableau 12.2). Ailleurs, les variations sont beaucoup plus ténues que celles trouvées par Webster et al. (2005). Enfin, au niveau du globe, Klotzbach (2006) met en évidence un accroissement très modéré du nombre de cyclones intenses.

### 12.3 Les raisons d'une nécessaire réanalyse de l'intensité des cyclones

#### 12.3.1 Des bases de données hétérogènes

Les études de Webster et al. (2005) et de Klotzbach (2006) posent le problème de la fiabilité et de l'homogénéité des bases de données cycloniques. En outre, ces auteurs ont utilisé les mêmes bases de données qui n'avaient jamais été réanalysées. L'exemple de la saison 1974-1975 (année de début des statistiques pour Webster et al., 2005) dans le Pacifique Sud est éloquent (tableau 12.3).

| Systèmes | Date                      | Vents (nœuds) |
|----------|---------------------------|---------------|
| 01S      | 19-22 novembre 1974       | -             |
| 02S      | 21-25 novembre 1974       | -             |
| 04S      | 6-9 décembre 1974         | -             |
| 05S      | 11-15 décembre 1974       | -             |
| 06S      | 18-24 décembre 1974       | -             |
| 11S      | 13-14 janvier 1975        | -             |
| 12S      | 13-22 janvier 1975        | -             |
| 13S      | 14-22 janvier 1975        | -             |
| 16S      | 24 janvier-5 février 1975 | -             |
| 18S      | 26-28 janvier 1975        | -             |
| 23S      | 3-13 mars 1975            | -             |
| 29S      | 30 mars-12 avril 1975     | -             |

Source : d'après JTWC (1975-2008) et Bom (1975-2008).

Tableau 12.3 L'intensité des systèmes tropicaux de la saison 1974-1975 du Pacifique Sud

Dans les archives américaines (JTWC, 1975-2008) ou australiennes (BOM, 1975-2008), il n'y a officiellement aucune donnée de vent concernant les 12 systèmes tropicaux formés. Il faut attendre la saison 1978-1979 pour qu'une intensité soit attribuée à chaque tempête ou cyclone. Et comme les images satellitaires de 1974 à 1978 ne sont pas disponibles, il n'était pas raisonnable d'inclure ces années dans une étude statistique. En outre, dans certains bassins, quand il existe au moins 2 centres d'avertissement, il n'est pas rare qu'une différence substantielle d'intensité soit observée pour un même cyclone. Le cas d'Alibéra est significatif à cet égard. Ce cyclone du sud-ouest de l'Océan Indien a été estimé à 90 nœuds et 135 nœuds, respectivement, par Météo-France et les américains du Joint Typhoon Warning Center d'Hawaï (JTWC), soit une différence de 2 catégories sur l'échelle de Saffir-Simpson (tableau 12.4).

| Jour | Heure (UTC) | Intensité des vents (nœuds) |              |
|------|-------------|-----------------------------|--------------|
|      |             | Hawaï                       | Météo-France |
| 18   | 00          | 35                          | 35           |
| 18   | 06          | 45                          | 35           |
| 18   | 12          | 55                          | 45           |
| 18   | 18          | 65                          | 55           |
| 19   | 00          | 75                          | 55           |
| 19   | 06          | 85                          | 55           |
| 19   | 12          | 90                          | 55           |
| 19   | 18          | 95                          | 65           |
| 20   | 00          | 105                         | 75           |
| 20   | 06          | 115                         | 75           |
| 20   | 12          | 130                         | 75           |
| 20   | 18          | 135                         | 90           |

Source : d'après JTWC (1975-2008) et Météo-France (1989-1990).

Tableau 12.4 L'estimation de l'intensité du cyclone Alibéra (décembre 1989) par Hawaï (JTWC) et Météo-France



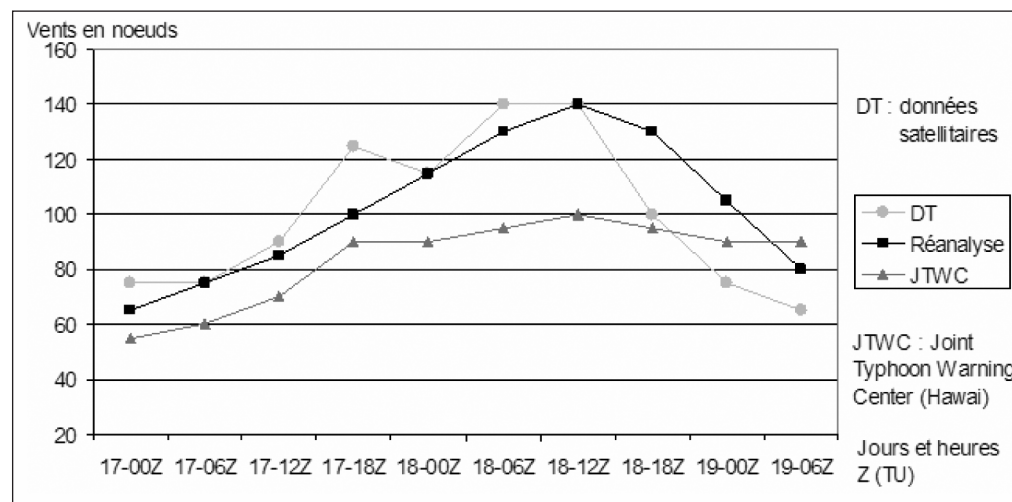
Les exemples exposés ci-dessus montrent de manière incontestable la nécessité d'une réanalyse des données d'intensité figurant dans les archives actuelles.

### 12.3.2 Une réanalyse basée sur la technique de Dvorak (1984)

L'intensité d'un cyclone tropical est définie par les vents soutenus se produisant dans le mur de l'œil (Merril, 1984). L'intensité des cyclones n'avait jamais été réanalysée avec la méthode de Dvorak (1984), en application dans tous les bassins cycloniques du globe. Cette technique utilise les images dans l'infrarouge thermique des satellites météorologiques. Un exemple est donné ci-dessous avec le cyclone Tusi du 17 au 19 janvier 1987, dans le Pacifique Sud, à l'est des Samoa (graphique 12.1). Les données satellitaires (DT pour

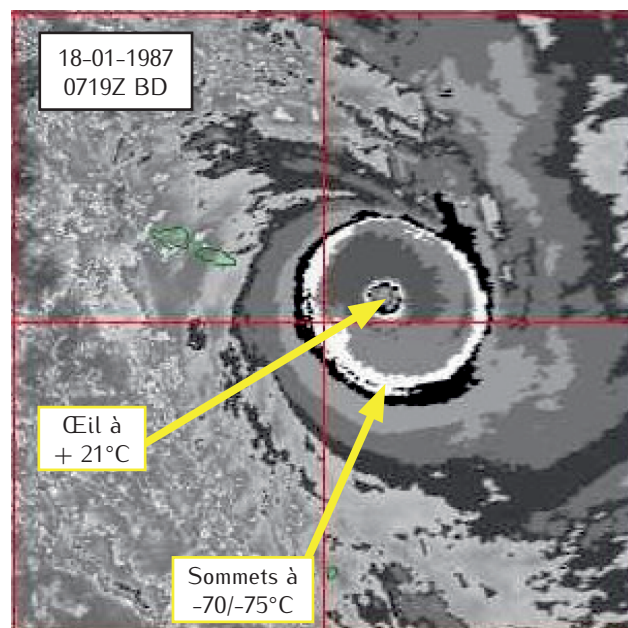
Satellite Data) correspondent à l'intensité convective. Celle-ci dépend, pour les systèmes affichant un œil, de la température la plus chaude mesurée au centre et de la température des sommets des nuages dans un rayon de 55 km autour de l'œil. Plus celui-ci est chaud et les sommets des nuages sont froids, plus l'intensité d'un cyclone est forte. Un vent soutenu de 140 noeuds associé à des rafales de 170 noeuds (catégorie 5) correspond à un super cyclone avec une température de l'œil supérieure à  $+9^{\circ}\text{C}$  et des sommets de nuages compris entre  $-70^{\circ}\text{C}$  et  $-75^{\circ}\text{C}$  d'après la méthode de Dvorak (figure 12.1). Le cas de Tusi montre aussi que l'intensification convective d'un cyclone (DT) précède le renforcement des vents soutenus (Réanalyse, graphique 12.1).

Et l'intensité « réelle » finit par s'ajuster à l'intensité convective après un certain délai.



Source : à partir des fichiers bruts du satellite GMS.

Graphique 12.1  
L'estimation de l'intensité du cyclone Tusi (janvier 1987) avec la technique de Dvorak



Source : à partir du fichier brut de NOAA 10.

Fig. 12.1 L'image satellitaire du cyclone Tusi en palette de Dvorak

En fait, Tusi a été sensiblement sous-estimé puisque le Joint Typhoon Warning Center (JTWC) donnait 100 noeuds (catégorie 3) le 18 janvier à partir de 12h00 UTC (ou 12Z) alors qu'une analyse objective avec la technique de Dvorak (1984) aboutit à une estimation de 140 noeuds (catégorie 5) à la même heure. Il s'agit d'une différence significative de 2 catégories (entre 3 et 5) sur l'échelle de Saffir-Simpson (1974). Le cas de Tusi indique qu'il est indispensable de réanalyser l'intensité des cyclones antérieurs et postérieurs à 1984, date de parution de la méthode de Dvorak.

## 12.4 Un bassin cyclonique test, le Pacifique Sud.

### 12.4.1 Une exceptionnelle saison 1982-1983

Le Pacifique Sud correspond au bassin situé à l'est de 135 degrés Est. Sur cet espace océanique, 10 tempêtes tropicales et cyclones se forment chaque année dont 2 systèmes de catégories 4 et 5 (JTWC, 1980-2008). Trois agences météorologiques, le centre australien de Brisbane, le Joint Typhoon Warning Center (JTWC) situé à Hawaï, et Météo-France basé à Tahiti, ont émis des bulletins sur les cyclones

tropicaux de l'été 1982-1983. Si Brisbane était en charge de l'ouest du bassin de 135°E à 170°E et Météo-France de la partie orientale de 170°W à 130°W, JTWC était le seul centre cyclonique à considérer le Pacifique Sud dans sa globalité. Par conséquent, la plupart des données sur les

cyclones proviennent des archives de JTWC (1980-2008). Pour la saison 1982-1983, il existe une différence sensible dans l'estimation de l'intensité entre JTWC et Météo-France, d'une part et entre JTWC et Brisbane, d'autre part (tableau 12.5).

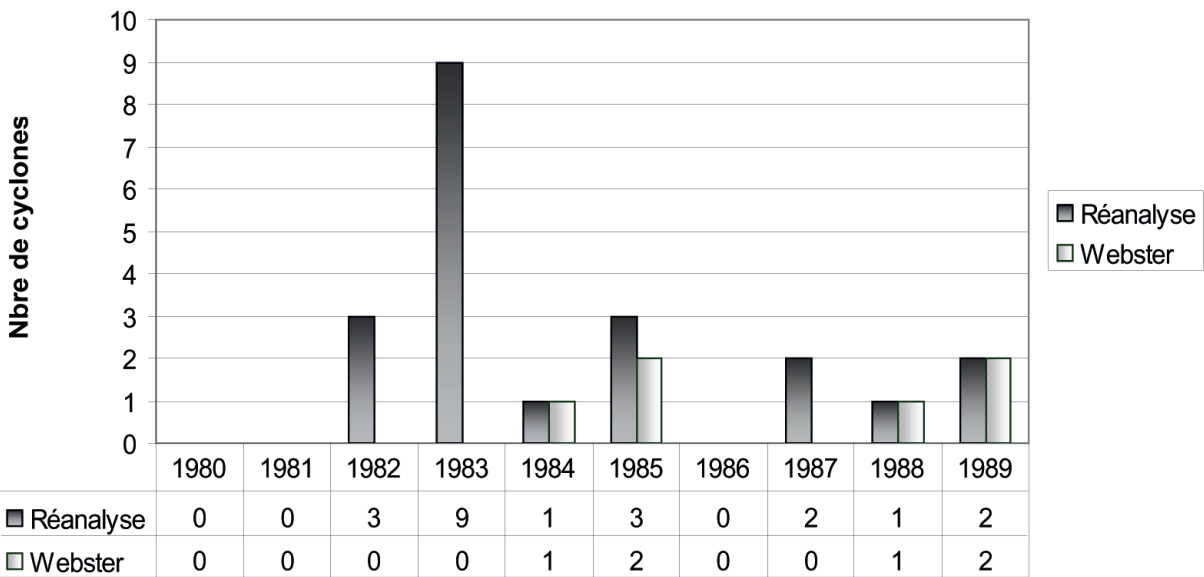
| Systèmes | Mois/Année   | Hawaï (nœuds) | Brisbane (nœuds) | Météo-France (nœuds) | Réanalyse Hoarau (nœuds) |
|----------|--------------|---------------|------------------|----------------------|--------------------------|
| Mark     | janvier 1983 | 80            | ----             | ----                 | 115                      |
| Elinor   | février 1983 | 75            | 115              | ----                 | 115                      |
| Orama    | février 1983 | 100           | ----             | 85                   | 155                      |
| Oscar    | février 1983 | 100           | ----             | ----                 | 140                      |
| Reva     | mars 1983    | 100           | ----             | 85                   | 125                      |
| Sarah    | mars 1983    | 90            | ----             | ----                 | 115                      |
| Tomasi   | mars 1983    | 100           | ----             | ----                 | 125                      |
| Veena    | avril 1983   | 100           | ----             | 95                   | 125                      |
| William  | avril 1983   | 75            | ----             | 60                   | 115                      |

Source : d'après JTWC (1975-2008), BOM (1975-2008), Auzeneau et Darchen (1983) et la réanalyse des images satellitaires (Hoarau & Chalonge, 2008).

Tableau 12.5 Les cyclones de catégories 4 et 5 en 1982-83

La réanalyse des images satellitaires montre que 7 cyclones de catégorie 4 et 2 cyclones de catégorie 5 ont évolué dans tout le Pacifique Sud de janvier à avril 1983 au lieu d'un

seul répertorié dans les archives « cumulées » de Brisbane et JTWC (Hoarau & Chalonge, 2008). Il semble évident que les archives sous-estimaient l'intensité des cyclones.



Source : d'après Webster et al.(2005) et la réanalyse des images satellitaires par Hoarau.

Graphique 12.2 La répartition annuelle des cyclones de catégories 4 et 5 dans la décennie 1980-1989

La comparaison entre les chiffres de Webster et al. (2005) et ceux issus de la réanalyse confirme une nette sous esti-

mation de l'intensité des cyclones intenses lors de la décennie 1980-1989 (graphique 12.2).

### 12.4.2 Une diminution régulière du nombre de cyclones intenses

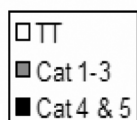
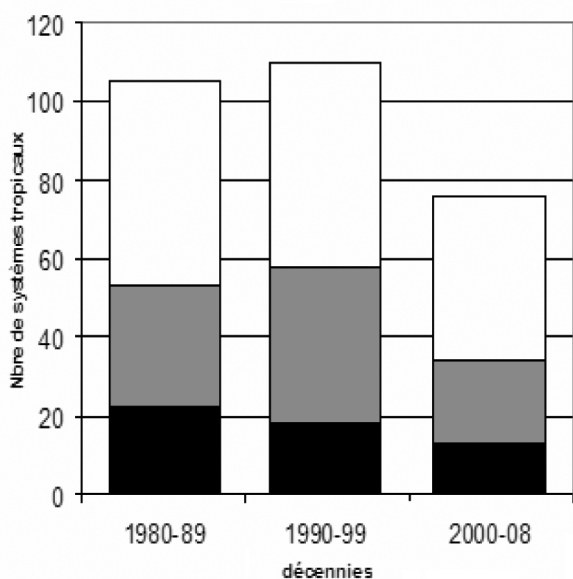
| 1975-1989     |               | 1990-2004     |              | Variations (%)  |                |
|---------------|---------------|---------------|--------------|-----------------|----------------|
| Webster<br>10 | Hoarau<br>24* | Webster<br>22 | Hoarau<br>23 | Webster<br>+120 | Hoarau<br>-4.1 |

\* 11 années de données satellitaires 1979-1989 (15 années pour Webster et al., 2005)

Source : d'après Webster et al. (2005) et la réanalyse des images satellitaires par Hoarau.

Tableau 12.6 L'évolution « réelle » du nombre de cyclones de catégories 4 et 5 de 1975 à 2004

Sur les mêmes périodes que celles de Webster et al. (2005), les données d'intensité de la réanalyse infirment complètement les conclusions des quatre chercheurs américains (tableau 12.6). Il n'y a pas eu un doublement du nombre de cyclones de Catégories 4 et 5 mais une légère diminution (-4.1 %) entre 1979-1989 et 1990-2004.



Source : d'après la réanalyse des images satellitaires par Hoarau.

Graphique 12.3 L'activité cyclonique par décennie

La réanalyse des données d'intensité sur les 29 dernières années (1980-2008) confirme une baisse régulière de l'activité des cyclones de catégories 4 et 5 (graphique 12.3). Il reste encore une saison cyclonique, 2008-2009, pour finir la décennie 2000-2009, cependant, il semble que le nombre de tempêtes et de cyclones tropicaux ait connu une diminution plus marquée par rapport aux 2 décennies précédentes.

## 12.5 Conclusion

Les bases de données actuelles de tous les bassins cycloniques du globe, à l'exception peut-être de l'Atlantique Nord, ne sont pas homogènes et suffisamment précises pour donner une tendance réelle et fiable d'événements extrêmes

comme les cyclones tropicaux de catégorie 4 et 5 de la classification de Saffir-Simpson (1974). Les images satellitaires antérieures à 1979 sont indisponibles. Par conséquent, une réanalyse des données d'intensité figurant dans les archives actuelles, ne pouvait porter que sur les 3 dernières décennies (1980-2008). Le Pacifique Sud a été choisi comme bassin « laboratoire ». Webster et al. (2005) prétendaient y avoir trouvé un doublement du nombre de cyclones de catégories 4 et 5 entre 1975 et 2004 alors que la température de l'océan a augmenté de 0,3°C dans le même temps.

La réanalyse des images satellitaires, à partir de la technique de Dvorak (1984), indique que l'intensité des cyclones de catégories 4 et 5 du Pacifique Sud a été fortement sous-estimée, notamment dans la décennie 1980-1989. Entre 1980 et 2008, l'activité des cyclones intenses a régulièrement diminué, infirmant les conclusions de Webster et al. (2005). Cette étude suggère que la seule température de l'océan n'est pas le facteur prépondérant pour déterminer l'intensité des cyclones tropicaux et qu'il est nécessaire d'effectuer des recherches sur les conditions troposphériques telles que le cisaillement vertical du vent ou la divergence de l'air à 150 hPa.

## 12.6 Bibliographie

- AUZENEAU S., DARCHEN J. (1983) — Autour de la saison 1982-1983 des perturbations tropicales en Polynésie françaises — *Météorologie nationale*. Met-Mar, 120, pp. 14-30.
- BUREAU OF METEOROLOGY (BOM) (1975-2008) — *The tropical cyclones archives data* - Brisbane, Australia.
- DVORAK V.-F. (1984) - *Tropical cyclone intensity analysis using satellite data* - NOAA Technical Report NESDIS 11, 47 p.
- HOARAU K., CHALONGE L. (2008) — *La réanalyse de l'intensité des cyclones tropicaux du Pacifique Sud durant l'épisode El Niño 1982-1983* - Actes du XXI<sup>e</sup> colloque de l'Association Internationale de Climatologie, pp. 335-340.
- JOINT TYPHOON WARNING CENTER (JTWC) (1975-2008) — *The tropical cyclones best track data in the southern hemisphere* - USA.
- KLOTZBACH P.-J. (2006) — Trends in global tropical cyclone activity over the past twenty years (1986-2005) — *Geophysical Research Letters*, Vol. 33, 4 p.
- LANDSEA C.-W. (2005) — Hurricanes and global warming — *Nature*, 438, pp 11-13.
- LANDSEA C.W., HARPER B.-C., HOARAU K., KNAFF J.-A. (2006) — Can We Detect Trends in Extreme Tropical Cyclones ? — *Science*, Vol. 313, pp. 452-454.
- MERRILL R.-T. (1984) — A comparison of large and small tropical cyclones — *Monthly Weather Review*, Vol. 112 n°5, pp. 1411-1417.
- MÉTÉO-FRANCE (1975-2006) — *Les saisons cycloniques du sud-ouest de l'Océan Indien*.
- SAFFIR R.-H., SIMPSON B. (1974) — The Hurricane disaster potential scale — *Weatherwise*, 27, pp. 169-186.
- WEBSTER P.-J., HOLLAND G.-J., CURRY J.-A., CHANG H.-R. (2005) — Changes in tropical cyclone number, duration and intensity in a warming environment — *Science*, 309, pp. 1844-1847.



# Quelles archives aujourd'hui pour mieux gérer les risques demain ?

## Conclusion

Nancy MESCHINET DE RICHEMOND

EA 3766 GESTER

Université Paul-Valéry – Montpellier III

17 rue Abbé-de-l'Épée, 34090 Montpellier

nancyderichmond@online.fr

Les pages qui précèdent soulignent et illustrent, dans des domaines très divers, l'utilisation des données anciennes pour la gestion des risques (risques liés aux mouvements du sol, inondations lentes (Alsace) ou rapides (Gard), séismes et éruptions volcaniques, érosion littorale, cyclones...). Face à la diversité d'approches, d'usages et de résultats dont témoignent les articles rassemblés dans ce volume, plusieurs remarques peuvent être faites :

**Tout d'abord, il convient de rappeler l'intérêt majeur des archives qui permettent des analyses impossibles à faire par d'autres moyens.** En effet, le recours aux données anciennes permet d'allonger les séries statistiques disponibles, d'affiner le calcul des temps de retour d'événements extrêmes et de minimiser les marges d'erreur des modèles prédictifs. Cet aspect n'est pas nouveau : Davy (1993), Lambert (1993), Veyret et al. (2003, pp. 20-27) soulignaient bien le caractère indispensable de séries statistiques longues et homogènes, ainsi que le croisement des approches (statistiques, géomorphologiques, etc.) pour une bonne évaluation de l'aléa et de son temps de retour. Cette nécessité d'une bonne connaissance du passé catastrophique d'un territoire est d'ailleurs explicite dans les préconisations des guides méthodologiques des PPR. Dans le cadre du projet européen SPHERE (2000-2003) consacré à la connaissance historique des inondations (Cœur et al., 2002 et 2003) une équipe française composée d'hydrologues, d'informaticiens et d'historiens a engagé une première réflexion méthodologique sur la mise au point d'un système d'information pour la collecte, le traitement et la restitution des données. Les recherches ont porté sur plusieurs bassins en France et en Espagne : l'Ardèche et la moyenne vallée de l'Isère à l'amont et à l'aval de Grenoble, le Sègre, le Llobregat et le Ter en Catalogne. La collaboration avec des géologues pour l'étude des paléocrues (étude stratigraphique et géomorphologique des dépôts de crue) permet pour chaque bassin de reconstituer pour le dernier millénaire la liste hiérarchisée des inondations et leur extension spatiale, ainsi que les dommages enregistrés. Récemment, en s'appuyant notamment sur cette méthodologie, O. Payrastre (2005) montre combien l'apport des données archivistiques locales portant sur les deux derniers siècles peut être déterminant pour affiner l'évaluation des temps de retour de l'aléa crue éclair sur de très petits bas-

sins versants méditerranéens ne dépassant pas 200 km<sup>2</sup>. Mais l'évolution des conditions d'archivage, la multiplication des services producteurs et le développement de l'informatique font aujourd'hui évoluer les difficultés auxquelles sont confrontés chercheurs et services opérationnels, comme ceux de Météo-France ou des SDIS.

La première partie de ce volume présente ainsi deux exemples originaux de bases de données. Il ne s'agissait pas ici de revenir sur les archives plus « classiques » (Archives nationales, départementales, municipales...) dont la richesse est bien connue (Corvol, 1999), mais d'illustrer la grande diversité et complexité des sources utiles à une meilleure connaissance des phénomènes naturels dommageables. Les longues séries climatologiques sont indispensables pour mieux connaître les aléas, mais leur utilisation efficace nécessite un énorme travail de validation, correction, harmonisation, calibrage des données comme le montre **S. Jourdain** de Météo-France. Toute structure gestionnaire des risques ou ayant un rôle opérationnel lors des crises peut se révéler source de données très riches, dont l'exploitation améliorerait sensiblement la prévention et la gestion des risques. C'est le cas des SDIS, **C. Rey** soulignant cependant la difficile accessibilité de ces sources et leur fragilité, liée aux réorganisations des services. Ces exemples permettent aussi de souligner **la multiplication du volume des archives au XX<sup>e</sup> siècle et leur dispersion physique** dans différents services, sur différents supports... Cela pose le problème du tri pour la conservation future, et du temps de dépouillement pour un usage opérationnel. De plus, **l'hétérogénéité des sources et des « cultures » propres à chaque service** constituant ses archives complique parfois l'exploitation (à Météo-France, « données anciennes » signifie « données antérieures à 1950 »... ce qui ne sera pas compris ainsi par un historien médiéviste). **La question de la traçabilité et de la conservation des données devient cruciale** : la méthodologie de la recherche archivistique passe par le respect des fonds (il faut savoir comment fonctionne l'administration française pour savoir où chercher !) et leur « traçabilité ». Les **réorganisations administratives et des réformes** de plus en plus fréquentes oublient souvent d'évoquer la pérennité des archives : ainsi, la réorganisation des services des pompiers de l'échelle communale vers l'échelle départementale en 1996 s'est traduite par la mise à la poubelle de nombreux documents, faute de moyens et de consignes claires données à leur sujet. La réorganisation des services producteurs de données est « une vraie calamité, car on jette trop ! » rappelle ainsi **S. Jourdain**. **Le problème du sauvetage de certaines données est posé à brève échéance** (SDIS, Météo-France,



services officiels d'Archives...) : certains supports récents (papiers acides, premières disquettes informatiques...) s'altèrent vite et il n'y a pas de moyens suffisants pour assurer leur sauvegarde, leur numérisation par exemple.

Les trois dernières parties de ce volume proposent un regroupement des articles, forcément contestable, selon un axe clef de leur problématique. Pour certains, le choix du classement a été difficile dans la mesure où leur problématique présente plusieurs axes majeurs. Ainsi, dans la deuxième partie (apport des recherches historiques pour la mémoire et la connaissance des risques), **J.-C. Gaillard** montre l'importance d'une connaissance approfondie du passé éruptif du Mont Pinatubo aux Philippines pour améliorer la prévention future et réduire la vulnérabilité humaine. À ce titre, cet article aurait pu prendre place en quatrième partie (Des archives pour une meilleure gestion prospective du risque). De même, le travail de **B. Martin** à Vars (Hautes-Alpes françaises), présenté dans la partie 4, montre clairement l'utilité opérationnelle et prospective d'une base de données (BD) historiques solidement documentée, sans en occulter les difficultés de mise en œuvre et d'appropriation par les acteurs locaux. La complexité et la richesse du travail de collecte et de mise à jour d'informations anciennes, ainsi que de la structuration de la BD en fonction des besoins des futurs utilisateurs pourraient justifier l'insertion de cet article dans la partie 2. Un souci d'équilibre entre les différentes parties du volume a donc conduit à des choix qui ne doivent pas être pris comme exclusifs les uns des autres.

La deuxième partie rassemble donc des articles mettant en évidence l'importance des recherches historiques, voire archéologiques, à différentes échelles de temps pour nourrir la mémoire des catastrophes et améliorer la connaissance des risques : 800 à 500 BP dans le cas du Pinatubo (**J.-C. Gaillard**), essentiellement les 5 derniers siècles dans le cas des inondations du Vidourle à Sommières (**L. Boissier & A. Jeanjean**), la mémoire vivante contemporaine et les documents d'archives des 3 derniers siècles dans le cas des habitants de l'Ardèche (**N. Meschin de Richemond**). En contrepoint, le travail de **E. Ondo Assoumou** souligne combien les données anciennes manquent dans de nombreuses régions du globe (ici la côte gabonaise autour de Port-Gentil), sans que cela empêche la mise en place d'une méthodologie rigoureuse à partir de données récentes, appelées à s'enrichir dans l'avenir.

La troisième partie montre à quel point les archives françaises sont de plus en plus intégrées dans la gestion réglementaire des risques, via la procédure PPR. Les travaux en cours de **L. With** et **O. Guerrouah**, doctorantes en histoire, en témoignent à travers l'exemple des inondations dans le nord-est de la France. L'exemple des sites sous-minés, présenté par **F. Poulard**, à la frontière entre risque « naturel » et risque « anthropique », souligne l'importance de la préservation de la mémoire des activités humaines anciennes pour une bonne gestion actuelle et future des risques différenciés dans le temps. Pourtant, **malgré leur utilisation de plus en plus systématique pour la gestion des risques en France, cette richesse archivistique est souvent sous-estimée par les décideurs, les élus et le grand public** (à l'exception notable des associations à caractère historique). L'utilité de ces archives est souvent questionnée ou contes-

tée car leur exploitation et valorisation demande du temps, ce qui suppose paradoxalement une gestion à long terme et très en amont, pour être véritablement utile en cas de crise. La quatrième partie insiste sur un élément essentiel : il ne s'agit pas, dans une optique de géographie appliquée et d'aménagement des territoires, de s'intéresser aux archives pour elles-mêmes, mais bien de les étudier et de les exploiter dans le but de faire progresser la prévention et la gestion opérationnelle des risques dans l'avenir. Cet objectif particulièrement important concerne de nombreux domaines : la modélisation et le raisonnement à partir de cas présentés par **C. Ohresser et al.** pour mieux prévenir les coulées boueuses au nord-ouest de Strasbourg ; la constitution, l'amélioration, l'appropriation de BD géohistoriques pour mieux gérer les risques en montagne, à Vars (Hautes-Alpes françaises). Malgré les difficultés évoquées par **B. Martin**, la démarche de constitution et d'enrichissement de la BD fait partie intégrante de l'objectif d'amélioration de la gestion des risques : la participation des acteurs locaux améliore la concertation, facilite l'appropriation de l'histoire des risques à l'échelle communale par les différents partenaires et réduit les conflits liés à la procédure PPR. Enfin, avec l'exemple de la réanalyse de données sur les cyclones datant de quelques décennies, **K. Hoarau** montre non seulement la nécessaire réévaluation des risques à la lumière du contexte scientifique qui produit ces données, mais nous invite ainsi à une véritable démarche scientifique, alliant la rigueur du travail d'analyse au réexamen permanent des conclusions de toute recherche. Démarche particulièrement salutaire en matière de risques atmosphériques à l'heure des débats sur le réchauffement climatique et ses effets différenciés en de nombreuses régions du globe, notamment des pays exposés aux cyclones dont on oublie trop souvent que la vulnérabilité humaine, sociale et économique ne cesse d'augmenter.

Au-delà de la richesse individuelle des exemples et méthodes présentés ici, trois points transversaux méritent d'être soulignés en conclusion :

- **Le recours aux archives améliore sensiblement la pertinence des études diagnostiques des risques et peut permettre de sérieuses économies en matière d'aménagement...**

L'exemple de l'approche globale des risques de mouvements de terrain, ravinements, inondations à Vars a très bien mis en évidence les difficultés de constitution des bases de données et de leur interprétation dans un but opérationnel (**B. Martin**). Les apports de cette démarche intégrée à partir d'archives (de la production de données à leur exploitation opérationnelle pour l'aménagement) consistent essentiellement dans la mise en place d'actions concrètes de réduction des risques, le développement de la culture du risque (compréhension et acceptation par les différents acteurs), l'optimisation de la gestion de crise (meilleure connaissance des phénomènes, meilleure anticipation). La valeur ajoutée d'une telle démarche en matière de gestion des risques est aujourd'hui trop peu connue des décideurs, acteurs locaux.

- **Un important travail de préparation des données anciennes est nécessaire pour qu'elles soient utiles aujourd'hui à la gestion opérationnelle des risques.**

Cet énorme travail de préparation des données anciennes est nécessaire pour faciliter l'accessibilité de ces informations et pour les rendre utilisables dans le contexte actuel afin d'améliorer la prévention, l'information, la prise de décision. Ce travail est très largement ignoré ou méconnu, sous-estimé par les décideurs et utilisateurs potentiels des données. L'exemple de Météo-France est particulièrement éclairant : pour rendre la somme colossale d'observations archivées utilisables, il faut trier, contrôler et hiérarchiser les données ; constituer des séries homogènes et validées en rassemblant tous les fonds d'archives propres à Météo-France et compléter ces données par les autres sources (Archives départementales, Archives nationales, sociétés savantes, bibliothèques, propriétaires privés de réseaux d'observation...). La difficulté est de ne rien oublier sans pour autant se disperser, de faire face aux problèmes d'accessibilité des données (documents Météo-France stockés aux Archives nationales...dans un hangar amianté donc inaccessible !), récupérer les données identifiées à un coût raisonnable pour les utiliser (la réalisation de microfilms, photos, scanner nécessite la signature de conventions avec les organismes dépositaires ou propriétaires), exploiter les nouvelles sources numériques (la mondialisation touche aussi ce secteur, avec les bibliothèques numériques). **L'importance des métadonnées** (conditions d'obtention des informations, éléments de contexte...) **est trop ignorée par les décideurs et utilisateurs potentiels des données**, alors que ces informations donnent souvent des clefs indispensables pour une utilisation pertinente de ces informations (marge d'erreur, type de problèmes rencontrés lors de la collecte, existence de copies de ces informations...). Cet aspect se conjugue avec **la volatilité accrue des archives du XXI<sup>e</sup> siècle**. Celle-ci est liée à **la dématérialisation des archives** (mails, fichiers informatiques corrigés et sauvegardés plusieurs fois...). Cela nécessite une réflexion nouvelle sur le tri immédiat, voire en temps réel des documents, sur les critères de conservation des métadonnées (mails internes pour la mise en place de procédures...).

- **Les problèmes matériels de tous ordres, souvent très concrets et quotidiens, sont un frein énorme à l'exploitation efficace des archives pour une meilleure gestion des risques.**

Les difficultés rencontrées concernent souvent **l'utilisation des informations** (contraintes matérielles comme l'équipement informatique et la formation des utilisateurs, le partage des données, l'instrumentalisation). L'exemple des archives des SDIS est particulièrement intéressant : Les SDIS conservent les CRSS — compte-rendu de sortie de secours — de chaque intervention, mais ils se heurtent, dans leur mission de conservation à but préventif, à des problèmes matériels importants : les équipements sont différents d'un département à l'autre en fonction des moyens budgétaires alloués et de l'importance des actions menées, les modalités de la conservation sont différentes d'un département à l'autre. Par ailleurs, les BD des SDIS sont trop rarement exploitées du fait de difficultés d'accès : la double tutelle élus/Etat ne facilite pas les choses..., les logiciels utilisés sont différents d'un SDIS à l'autre, le respect des règles de la CNIL (données nominatives dans les enregistrements...) ralentit le processus. La mission de prévention est inscrite

dans la loi mais sa mise en œuvre au quotidien souffre beaucoup du manque de structures adaptées et d'instructions claires et homogènes au niveau national. Les retours d'expérience sont plutôt des missions ponctuelles organisées pour les événements les plus graves.

Une difficulté opérationnelle majeure concerne **l'actualisation et le suivi des BD historiques constituées**. L'intégration des nouvelles informations dans les BD existantes apparaît indispensable pour valoriser à long terme des études ponctuelles déjà faites et constituer ainsi des archives utiles, opérationnelles pour demain. Or, le suivi et la pérennisation des données ou d'un outil réalisés dans le cadre d'une étude ponctuelle est rarement anticipé au moment du lancement de l'étude et donc très rarement mis en place une fois l'étude terminée. **La continuité de l'information, la centralisation et l'actualisation des données est extrêmement difficile à mettre en place car, même si le coût est inférieur à celui d'une étude ponctuelle, cela nécessite une concertation, un suivi, une sensibilisation des acteurs et des décideurs qui n'existe que très rarement actuellement.**

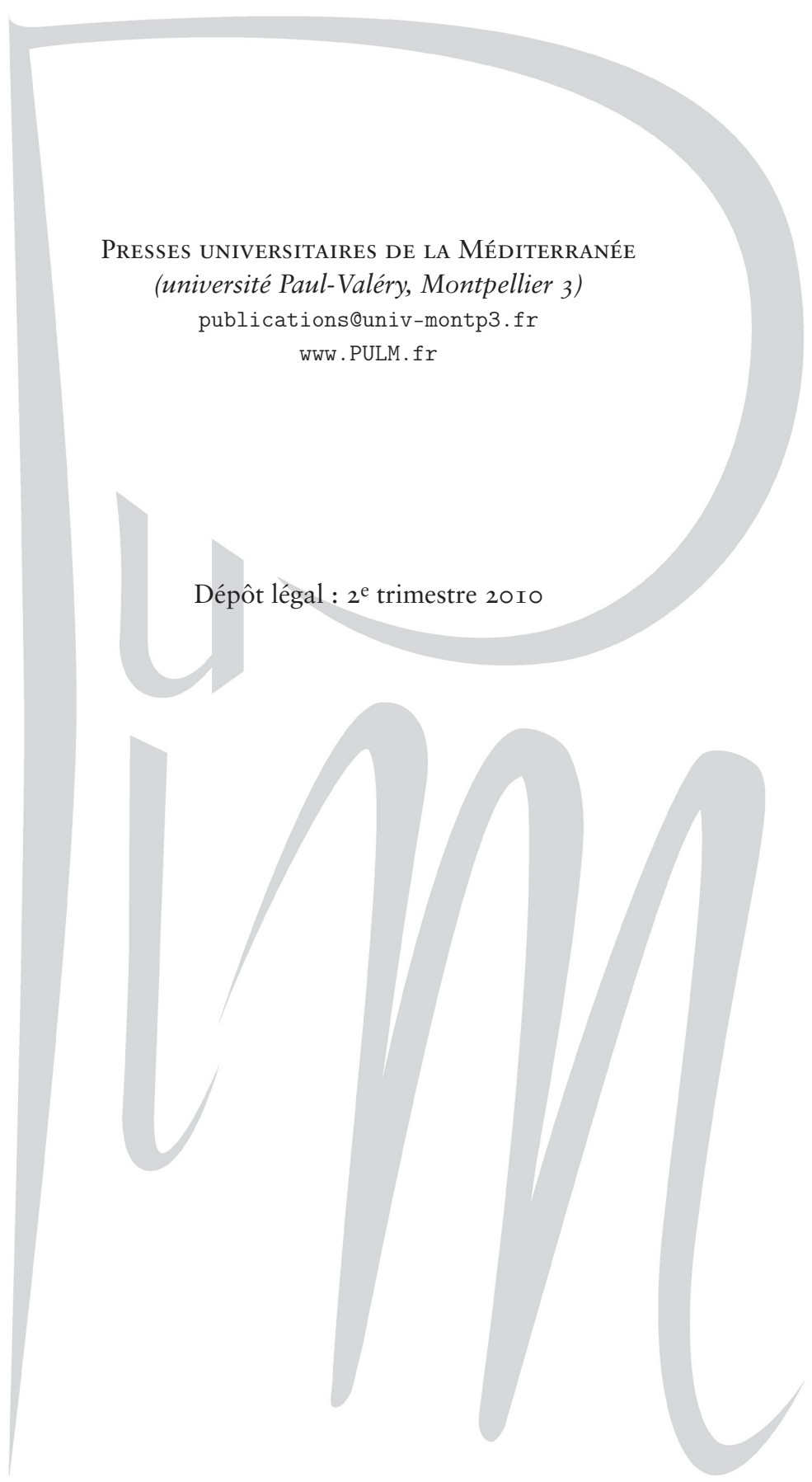
L'ensemble de ce volume souligne ainsi qu'un énorme travail de communication et de sensibilisation entre services, structures constituant ou possédant des archives, est indispensable, de même que vis-à-vis des utilisateurs potentiels :

- Prise de conscience de la richesse existante et des ressources accumulées disponibles.
- Prise de conscience de l'apport original et irremplaçable de ces ressources (refaire des études ou des modèles prédictifs plus précis ne remplace pas des données manquantes).
- Prise de conscience des moyens déjà investis dans la constitution de ces ressources archivistiques.
- Prise de conscience des économies permises par l'exploitation de ces ressources dans le cadre de projets globaux d'aménagement et de gestion des risques s'insérant parfaitement dans les problématiques actuelles liées au développement durable...

## Bibliographie

- CŒUR D., LANG M., PAQUIER M. (2002) — L'historien, l'hydraulicien et l'hydrologue et la connaissance des inondations — *La Houille Blanche, revue internationale de l'eau*, 4/5, Actes de la 171<sup>e</sup> session des congrès SHF : « l'hydraulique des millénaires, les leçons de l'histoire pour construire le XXI<sup>e</sup> siècle. » pp. 61-66.
- CŒUR D., DAVOINE P.-A., LANG M. (2003) — *Un système d'information pour la connaissance historique des inondations : premières spécifications dans le cadre du projet européen SPHERE* — colloque SIRNAT-JPRN Orléans 2003, 7 p.
- CORVOL A. dir. (1999) — *Les sources de l'histoire de l'environnement, le XIX<sup>e</sup> siècle* — L'Harmattan et la Direction des Archives de France IHMC, Paris, 502 p.
- DAVY L. (1993) — Recherche de l'effet spatio-temporel sur un phénomène aléatoire : les pluies de forte intensité en Languedoc-Roussillon, in *L'Aiguat del 40 : les inon-*

- ditions catastrophiques et les politiques de prévention en Méditerranée nord-occidentale*, Actes du colloque de Vernet-les-Bains « les inondations d'octobre 1940 en Catalogne : 50 ans passés », 18-20 octobre 1990 — Centre de Recherche et d'Études Catalanes de l'Université de Perpignan, Centre de géographie physique Henri Elhaï de l'Université Paris X-Nanterre, Generalitat de Catalunya, Barcelona, pp. 315-326.
- LAMBERT R. (1993) — Pour une approche géographique du temps de retour des averses et des crues, in *L'Aiguat del 40 : les inondations catastrophiques et les politiques de prévention en Méditerranée nord-occidentale*, Actes du colloque de Vernet-les-Bains « les inondations d'octobre 1940 en Catalogne : 50 ans passés », 18-20 octobre 1990, Centre de Recherche et d'Études Catalanes de l'Université de Perpignan — Centre de géographie physique Henri Elhaï de l'Université Paris X-Nanterre, Generalitat de Catalunya, Barcelona, pp. 339-352.
- PAYRASTRE O. (2005) — *Faisabilité et utilité du recueil de données historiques pour l'étude des crues extrêmes des petits cours d'eau, étude de cas de quatre bassins versants affluents de l'Aude* — Thèse de doctorat ENPC, Cereve, Marne-la-Vallée, 390 p.
- VEYRET Y. dir. (2003) — *Les risques* — Sedes, DIEM, Paris, 2003, 255 p.



PRESSES UNIVERSITAIRES DE LA MÉDITERRANÉE  
(*université Paul-Valéry, Montpellier 3*)  
publications@univ-montp3.fr  
www.PULM.fr

Dépôt légal : 2<sup>e</sup> trimestre 2010

