



**HAL**  
open science

# LA VAGUE : L'EXTREME DES RISQUES EXTREMES DES CRUES “ ECLAIRS ” ? LE CAS DE LA REGION MEDITERRANEENNE

Annick Douguédroit

► **To cite this version:**

Annick Douguédroit. LA VAGUE : L'EXTREME DES RISQUES EXTREMES DES CRUES “ ECLAIRS ” ? LE CAS DE LA REGION MEDITERRANEENNE. Congrès de la Société Hydrotechnique de France “Evènements extrêmes fluviaux et maritimes”, SHF, Feb 2012, Paris, France. ⟨hal-01422887⟩

**HAL Id: hal-01422887**

**<https://hal.science/hal-01422887v1>**

Submitted on 27 Dec 2016

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.



HAL Authorization

Douguédroit Annick La vague, risque extrême des crues « éclair » en région méditerranéenne

# LA VAGUE : L'EXTREME DES RISQUES EXTREMES DES CRUES « ECLAIRS » ?

## LE CAS DE LA REGION MEDITERRANEENNE

*Is the wave the extreme of flash-flood extreme risks?*

*The case of the Mediterranean area*

**Annick DOUGUEDROIT**

Institut de géographie, Aix-Marseille Univ, UMR 6012 ESPACE, [Annick.Douguedroit@univ-provence.fr](mailto:Annick.Douguedroit@univ-provence.fr),

*Notre recherche a porté sur la notion de « vague » fluviale pour bien la définir par rapport à la crue « éclair » et l'hyper crue « éclair » urbaine. Nous avons établis les trois définitions à partir de cas particuliers : la crue « éclair » du réseau de l'Argens (Var, France) le 15 juin 2010, l'hyper crue « éclair » urbaine de Marseille le 19 septembre 2000 et la vague de Bab el Oued le 10 décembre 2001. Ils sont présentés là dans un ordre de rapidité croissante de l'évènement. Parmi eux on ne semble pouvoir être sur que d'un cas de vague, dans le cours d'une crue d'ailleurs, celle de Bab el Oued.*

*Nous avons analysé la vulnérabilité correspondant à ces cas. Elle est associée au niveau de développement du milieu concerné, en développement ou développé, et au sein de chaque niveau aux différences de milieu, rural ou urbain, et dans ce dernier entre centre-ville et banlieue. La vulnérabilité est maximale en quelque sorte aux deux extrémités de la hiérarchie, dans les sociétés peu développées et précarisées par leur histoire d'une part et dans les sociétés développées trop sûres d'elles-mêmes et de leur maîtrise sur l'environnement. Les sociétés industrielles qui ont déconnecté l'aménagement du territoire du milieu « naturel » en ont oublié jusqu'à son existence et ses contraintes qui leur sont rappelées par des évènements exceptionnels d'origine naturelle.*

*Our research concerns the definition of the notion of river wave in comparison with "flash-flood" and hyper urban "flash-flood". The three definitions have been done through specific cases: the "flash-flood" in the Argens river basin on the 15<sup>th</sup> of June 2010, the hyper urban "flash-flood" in Marseille on the 19<sup>th</sup> September 2000 and the wave in Bab el Oued on the 10<sup>th</sup> December 2001. Waterproof streets in cities create artificial river-basins working with heavy rainfalls which give birth to hyper urban "flash-floods" running in streets toward low areas. The three cases are presented here in the order of increasing event speed. Only a single wave, with a sudden increase of the water level has been found, the Bab el Oued one.*

*The vulnerability of these cases has been analysed. It is linked with the material and human frailty of the economic development level of the environment. In each level it is connected also with the environment type, rural or urban, and within the cities according to their location in downtown or in suburbs. Vulnerability is maximal in societies made vulnerable by their history or in industrial societies too self-confident in themselves and of their control on environment. Industrial societies have isolated landplanning from natural environment whose constraints they have forgotten. Exceptional events such as the "flash-flood" which occurred in the Nartuby and Argens basins (Var, France) on the 15<sup>th</sup> June 2010 require them to remember those constraints.*

## I INTRODUCTION

L'attention soutenue que climatologues et hydrologues portent sur les pluies extrêmes et leurs conséquences directes, les crues « éclair » ou flash-floods, est relativement récente [Bobrowsky sous presse]. Et elle l'est encore plus pour les divers scientifiques qui mènent des études conjointes des effets directs et indirects de ce type de crues sur les hommes, leurs activités et leur cadre de vie [Vinet 2003]. La perspective d'un accroissement possible, sous l'effet du changement climatique, de la fréquence et de l'intensité des précipitations extrêmes d'ici la fin de ce siècle, en particulier en région méditerranéenne, leur fait poursuivre activement ces études.

Nous nous limiteront ici, à partir d'études de cas choisis en milieu méditerranéen (Alger - Bab el Oued en 2001, Marseille en 2000 et 2003, accessoirement en 1892, et le Var en 2010, accessoirement en 1827, à cerner, dans la limite du possible, les différences entre crues « éclair », hyper crues « éclair » de type urbain et vague fluviale [Andrieu et al. 2004, Douguédroit 2004, 2009, 2010].

Douguédroit Annick La vague, risque extrême des crues « éclair » en région méditerranéenne

## II TROIS NOTIONS DIFFERENTES DE CRUE ASSOCIEES A DES PLUIES « EXTREMES »

### II.1 L'ALEA CLIMATIQUE EXTREME, ENTRE RATIONALITE ET SUBJECTIVITE

Hydroclimatologues et climatologues présentent une définition rigoureuse d'un aléa pluviométrique extrême fondée sur différents indices en rapport avec le total des pluies (>95 %, >99% des observations etc.). En dépit de cette « croûte » rationnelle, il existe bien une certaine subjectivité de ce qui est appelé « extrêmes ».

En effet ils correspondent à des mesures faites en des lieux déterminés, les stations. Il est extrêmement probable que le maximum réel de la quasi-totalité des averses tombe entre les mailles trop lâches du réseau des stations de Météo-France (et d'autres organismes d'observation), et même de celui des radars; il est ainsi inconnu de fait. Une comparaison entre les observations faites sur le bassin du Réal Collobrier (Var, France) à partir des observations de Météo-France, 15 postes dont 3 dans le bassin lui-même, et de 24 pluviographes installés sur le seul bassin par le CEMAGREF a montré, dans le cas des précipitations localisées du 15/09/1975, l'existence de 2 noyaux correspondant à des averses jusqu'à 90mm d'après le réseau de mesures le plus dense au lieu des 30mm observés dans celui de Météo-France [Lehucher et Lavabre, 1980]. Les 1-2 décembre 2003, la station Marseille-Observatoire recevait 221mm alors qu'à 7km il tombait 268mm à Marseille-St Cyr (Service d'exploitation du réseau d'assainissement de la Communauté Urbaine Marseille Provence Métropole). Dans aucun de ces cas on n'est assuré qu'il s'agisse du maximum effectif de l'averse. Dans les épisodes de précipitations intenses les maximums sont ainsi inconnus en région méditerranéenne, donc sous-évalués. Dans la montagne, il se produit même des épisodes qui ne sont découverts que par leurs effets dans les vallées. Le 9 juillet 1981, une gigantesque lave torrentielle dévala le Verdarel et atteignit, à la surprise générale, le village de St Chaffrey (05), alors que la station la plus proche, celle de Briançon, n'avait reçu que 10mm d'eau [Lahousse et Pierre-Gil 2002].

### II.2 CRUES, CRUES-ECLAIR ET VAGUES FLUVIALES : QUELLES DEFINITIONS ?

Les « flash-floods », terme d'origine anglo-saxonne traduite par crues « éclair » en langue française correspond à une notion apparue relativement récemment. Leur différenciation avec la crue fluviale est fondée sur une vitesse de propagation rapide, sans d'ailleurs qu'un accord se soit fait sur le seuil limite. La NOAA [National Weather Service, 2011] donne une valeur stricte de ce seuil. « Flash-flood : A flood caused by heavy or excessive rainfall in a short period of time, generally less than 6 hours ». D'autres auteurs sont moins précis: « A [flash](#) flood is a rapid [flooding](#) of water over land... in a short period of time, generally within minutes up to several hours, a timescale that distinguishes it from fluvial [floods](#) » [Bobrowsky, sous presse].

Une crue « éclair » est, en général, due à de fortes pluies mais d'autres causes sont également envisagées en l'absence de pluies comme la rupture d'une digue, d'un barrage, une fonte brutale de neige. Elles sont présentées comme se précipitant dans les lits des rivières, les rues des villes et les canyons en montagne [Bobrowsky, sous presse].

D'une part il est curieux qu'il ne soit nulle part fait mention de la topographie supposée par un tel type de crue : il est indispensable qu'une forte pente existe à l'aval, à l'origine de l'eau, pour entraîner la rapidité de l'écoulement. D'autre part les définitions et descriptions citées plus haut mélangent plusieurs types de crues « éclair » : les crues « éclair » elles-mêmes, les hyper crues « éclair » urbaines et les « vagues » fluviales. Comme nous le verrons plus bas les hyper crues « éclair » urbaines se distinguent des crues « éclair » à la fois par leur vitesse et leur origine [Andrieu et al, 2004, Paquier et al, 2009, Douguédroit, 2010]. Elles se déclenchent très rapidement, plus rapidement que les crues fluviales, et uniquement en milieu urbanisé où prennent naissance des bassins-versants artificiels qui se créent spontanément sur des réseaux de rues imperméabilisées. Les « vagues » quant à elles sont des phénomènes instantanés, des murs d'eau associés à une hausse brutale du niveau de l'eau, qui se propage le plus souvent au sein d'une crue.

## III PRECIPITATIONS EXTREMES ET REPONSES HYDROLOGIQUES. CAS MEDITERRANEENS.

Nous allons examiner les relations entre les pluies et les trois types de crues « éclair » à partir chacun d'un exemple.

### III.1 PRECIPITATIONS EXTREMES ET CRUE « ECLAIR »: LE RESEAU DE L'ARGENS (VAR, FRANCE) LE 15 JUIN 2010

Douguédroit Annick La vague, risque extrême des crues « éclair » en région méditerranéenne

Un vaste épisode pluvieux s'est étendu du Gard aux Alpes maritimes et au nord sur les Alpes de Haute Provence les 15 et 16 juin 2010. Les fortes précipitations ont touché une grande partie du bassin de l'Argens, en particulier de son affluent la Nartuby du 15 juin 2010 à 3h au 16 à 6h [Météo-France 2011]. On a affaire là à deux processus associés : une perturbation très active à laquelle s'est ajouté un forçage orographique. Un noyau de fortes pluies a stationné le 15 entre Lorgues, Les Arcs, Taradeau et Draguignan entre 12h et 22h avec plus de 20mm/h soit 413mm à Lorgues (sur un total de 461mm pour tout l'épisode), 344 aux Arcs (total : 425mm) 338 à Taradeau (total : 387mm) et 221 à Draguignan (total : 283mm).

Avec un décalage d'une heure, alors que l'intensité diminue au sud, les pluies intenses gagnent le nord. Le millier de mètres d'altitude du Plan de Canjuers provoque un forçage orographique lisible dans les données horaires de Canjuers et Seillans qui reçoivent plus de 40mm entre 10 et 11h. C'est sans doute la même chose au nord de Bargemon et Vérignon alimentant alors surtout l'amont des Nartuby. Mais les pluies intenses s'arrêtent vite à l'est (Seillans) alors qu'elles se poursuivent jusqu'à 18h à Canjuers. La durée de l'épisode lié à la stationnarité des processus à l'origine de plusieurs averses successives justifie les hauteurs exceptionnelles atteintes, jusqu'à 64 et 79 mm en une heure (Fig. 1 et 2).

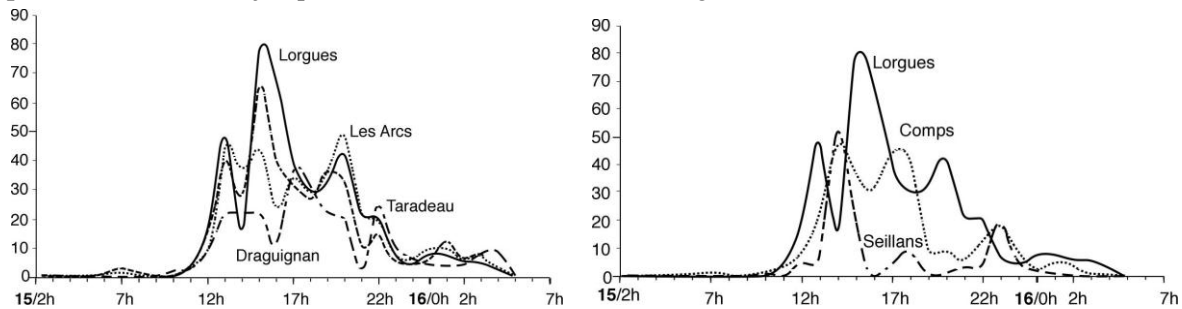


Fig. 1 (à gauche). Les précipitations des quatre stations les plus arrosées les 15-16 juin 2010 dans le Var (pas de temps horaire). Fig. 2 (à droite). Les précipitations de Lorgues, Comps et Seillans les 15-16 juin 2010 (pas de temps horaire).

La plupart des stations hydrométriques ont été détruites ou mises hors service pendant l'épisode, à l'exception de 2 sur l'Argens et un petit affluent de sa rive droite [Martin C 2010]. Le site de Rebouillon à la sortie des gorges de Chateaudouble et après la confluence de la Nartuby avec la Nartuby d'Ampus serait le meilleur lieu pour apprécier l'allure de la crue mais en l'absence de mesures on est réduit aux appréciations des habitants qui, très traumatisés par ce qui s'est passé sous leurs yeux, étaient peu enclins à regarder l'heure. Ils décrivent pour Var-Matin [16 juin 2010] une montée rapide certes mais progressive d'une rivière faisant « un bruit infernal », une vague ne s'étant produite à un moment que sous l'effet du blocage de l'eau par le pont du village. La première averse à Comps-Canjuers avec un maximum de 47mm est tombée entre 13 et 14h (Fig 3), soit un total cumulé de plus de 80mm qui va passer à 150 à 16h et près de 200 à 17h. Tout l'environnement karstique de la Nartuby commence par absorber l'eau et ne la rejette qu'après sa saturation, estimée à 40mm de pluie, sans doute beaucoup plus d'après C Martin [communication orale]. S'ensuit un écoulement intégral de l'eau tombée. A près de 15km de sa source, dans des gorges étroites d'une pente de l'ordre de 6%, il faudrait à la vitesse de 3m/s de l'ordre d'une heure et demi pour que le niveau de la Nartuby monte vers Rebouillon, ce qui se serait passé vers 16h30 selon C. Martin [2010]. La saturation ne se serait produite alors qu'après un cumul de 125mm de pluie. La montée des eaux de la Nartuby a atteint Draguignan vers 17h15 [Martin C. 2010]. Sur la Florièye placée dans son cours inférieur au cœur de l'évènement pluviométrique avec un maximum dès 13h (Lorgues) mais dans une vallée beaucoup large et de pente plus faible la montée de la crue a commencé vers 16h [Martin C 2010]. C'est plus tard, dans la nuit que l'Argens plus à l'aval devint menaçant. L'hydrogramme de Vidauban montre une montée lente de l'eau estimée à 4 heures par rapport aux pluies tombées sur le bassin de l'Aille très proche et de 11 heures sur celui de Roquebrune, très en aval, par rapport à une estimation des pluies tombées sur l'ensemble du bassin de l'Argens [Martin A. 2010]. Au total nous avons affaire ici à une crue « éclair » sur les affluents mais pas sur la rivière principale.

### III.2 PRECIPITATIONS EXTREMES ET HYPER CRUE « ECLAIR » URBAINE : MARSEILLE LE 19 SEPTEMBRE 2000

Deux épisodes récents de précipitations extrêmes à Marseille, ceux des 19 septembre 2000 et 1-2 décembre 2003, sont connus principalement grâce aux 23 pluviographes enregistreurs au pas de temps de 6 minutes du Service d'exploitation du réseau d'assainissement de la Communauté Urbaine Marseille Provence

Douguédroit Annick La vague, risque extrême des crues « éclair » en région méditerranéenne

Métropole. Il s'agit dans les deux cas d'averses de faible surface, dont les totaux notoires ne dépassaient que de peu la commune de Marseille et le noyau central avec les totaux les plus élevés, supérieurs à 200mm, ont concerné une partie urbanisée de l'ordre d'une ou deux dizaines de km<sup>2</sup>.

Le 19 septembre 2000, entre 16 et 21h, à peine plus de 200mm sont tombés sur le littoral à Pointe Rouge et au sud du Vieux Port, à Vauban. Ces totaux sont répartis en deux averses principales, entre 17h00 et 18h30, et 20h à 21h, du moins dans les quartiers les plus touchés la première donnant un cumul supérieur à 20mm à 17h30 et à 50 à 18h à Vauban où l'intensité la plus forte se produisit ensuite entre 18h et 18.30 (Fig. 3 et 4).

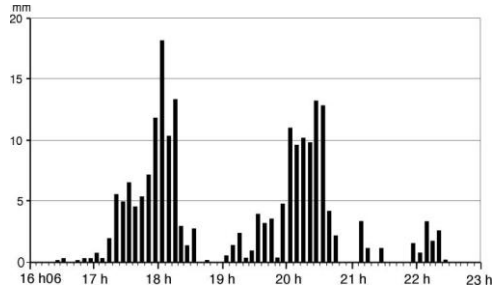
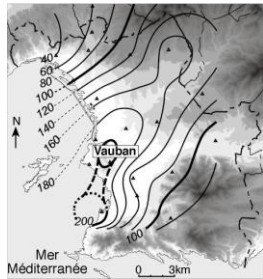


Fig. 3 (à gauche). Précipitations totales (isohyètes en mm) le 19 septembre 2000. Pointillés : Limites communales. Fig. 4 (à droite). Histogramme des pluies à Vauban (pas de temps : 6 minutes).

Les numéros des 20 et 21 septembre des journaux locaux, « La Provence » et « La Marseillaise » vont nous permettre de se faire une idée des conséquences de cet épisode de fortes pluies. C'est le centre-ville rassemblé autour de trois rues parallèles descendant doucement vers le Vieux-Port qui a le plus attiré l'attention. Les deux versants de part et d'autre sont striés de voies plus ou moins parallèles mais ayant en commun de suivre la plus grande pente jusqu'à la zone centrale des trois axes mentionnés plus haut. Ces derniers étaient déjà à 18h, bien avant que les écoulements organisés soient saturés, rendus impraticables par des torrents d'eaux s'écoulant entre les voitures arrêtées sans ordre ou bloquées. Ces ruissellements sur les chaussées ont très vite suivi le début des fortes pluies avec un temps de réponse très court, inférieur à la demi-heure, et avant l'arrivée de l'intensité maximale. La topographie locale avec ses collines y a fortement contribué, aidée aussi par les tracés des rues. On assiste alors à la création de véritables bassins-versants artificiels entièrement imperméabilisés par asphalté et trottoirs créés par le tissu urbain et donnant naissance à des écoulements organisés en 10 à 20 minutes avec autour de 30mm de pluie. Il s'agit alors d'hyper crues « éclair » d'origine exclusivement urbaine [Douguédroit 2009, 2010].

Un épisode extrême a aussi frappé Marseille les 1 et 2 décembre 2003. Le maximum connu est tombé dans l'est de la ville. Il est formé de deux averses, l'une commençant le 1<sup>er</sup> vers 18h et la seconde le 2 vers 5h. Avec des quantités toutes inférieures à 16mm en 6 minutes, elles sont plus longues qu'intenses (Fig.5 et 6).

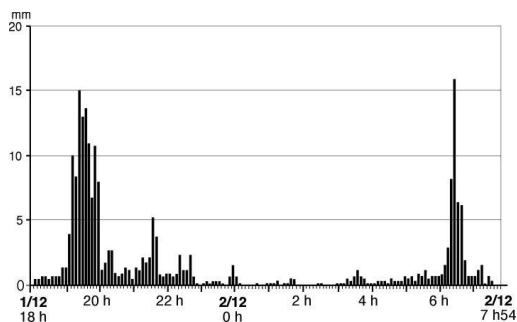
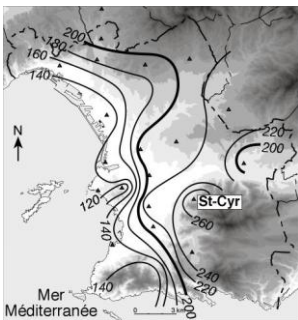


Fig. 5 (à gauche). Précipitations totales (isohyètes en mm) les 1-2 décembre 2003. Pointillés : Limites communales. Fig. 6 (à droite). Histogramme des pluies à St Cyr (pas de temps : 6 minutes).

Un épisode plus ancien, celui des 15 et 16 septembre 1879 dont le total atteignit 246,5mm à Marseille-Observatoire a également touché la ville et débordé vers l'est, vers Aubagne [Stephan 1892].

Dans les deux cas on retrouve les récits des écoulements rapides d'hyper crue « éclair ».

### III.3 PRECIPITATIONS EXTREMES, CRUE ET VAGUE : ALGER-BAB EL OUED LES 9-10 DECEMBRE 2001

La répartition des précipitations pendant l'épisode d'Alger est mal connue. Seules des stations donnant des observations au pas de temps quotidien encadrent l'espace concerné. Des pluies intenses, 261mm selon certaines sources, moins selon d'autres, sont tombées dans la nuit du 9 au 10 novembre 2001 sur les hauteurs

Douguédroit Annick La vague, risque extrême des crues « éclair » en région méditerranéenne

d'El Biar et Bouzareah directement au-dessus de la côte, 200-300 mètres plus bas. Les ravins qui se rassemblent dans un unique chenal dont l'aval urbanisé porte le nom bien clair de Bab el Oued (la porte de l'oued) y prennent leurs sources. Vers l'ouest, la station d'Alger-Port a reçu 217mm mais les totaux ont ensuite très vite baissé au-delà [Douguédroit 2010].

Toutes les informations relatives au déroulement de la crue ont été obtenues dans des extraits de journaux francophones [Algeria-watch 2009 2010]. Le littoral de Bab el Oued qui a été touché par de violentes vagues provoquées par une tempête de nord le 9 novembre au soir et en début de la nuit a commencé à être concerné par la crue du ruisseau qui le traverse en fin de nuit du 9 au 10. Les crues sont bien connues à Bab el Oued où elles se succèdent plus ou moins régulièrement dans le temps, 1982, 1996, 1998 étant les plus récentes. Celle de novembre 2001 rendait déjà délicate vers 7h du matin la traversée de la voie express de Frais Vallon construite sur le lit mineur du ruisseau qui la réemprunte dès qu'il déborde. A 7h30 du matin ou très peu après « la catastrophe est tombée du ciel » raconte un témoin. « Une monstrueuse vague boueuse a déferlé à toute vitesse sur les voies rapides... la vague emporta tout sur son passage. Des voitures, des piétons étaient emportés par le courant... l'eau était plus forte que tout. J'ai vu l'immense bus du personnel du Sheraton emporté comme s'il était une feuille de papier ». Des témoins ont également raconté qu'au marché de Triolet, situé à la tête de la commune de Bab El Oued et en contre bas de la route, une vague d'eau, dont l'heure n'est pas précisée, a frappé de plein fouet le marché. On a bien dans ce cas, après un début de crue, une arrivée soudaine d'un mur d'eau auquel on peut donner le nom de « vague », fluviale bien entendu. L'origine de cette vague est inconnue.

L'orage du 6 juillet 1827 survenu dans le Var mais au nord-est de celui de 2010 est présenté comme ayant surtout affecté la Nartuby [Anonyme 2010]. A propos de Draguignan et Trans l'auteur mentionne « Tout à coup apparaît une masse effroyable d'eau traînant avec elle des charpentes, des meubles, des bestiaux ». Il semble bien s'agir ici d'une vague. La localisation de la mention à l'aval de la rivière, sans qu'il en ait été question lorsque l'auteur parle de la crue à Rebouillon mène à se demander s'il ne s'agit pas tout simplement d'un effet causé par un obstacle. En effet dans ce hameau les habitants ont « à peine le temps » de se sauver sur les hauteurs ou de grimper aux arbres, ce qui exclut l'hypothèse d'une vague.

#### **IV LA VULNERABILITE ASSOCIEE A CES PLUIES EXTREMES**

La vulnérabilité associée à ces pluies extrêmes dépend avant tout de l'environnement dans lequel survient la crue, d'une part du milieu qu'elle affecte et d'autre part des conditions de prévention et d'alerte de son déroulement. Les crues occupent les lits majeurs des rivières dont les limites ne sont pas toujours visibles pour des personnes non averties. Ces lits peuvent aussi avoir été négligés par les rivières pendant des centaines d'années si les conditions de crue ne se sont pas produites entre temps et leurs limites oubliées par les habitants. D'où une plus grande vulnérabilité aux précipitations extrêmes. Néanmoins les déplacements de population vers le sud méditerranéen y amènent en France par ex une population ignorante des spécificités de ce milieu ; en particulier des phénomènes pluviométriques extrêmes. D'où une plus grande méconnaissance des risques qui est encore au moins aussi grande en cas de décisions prises dans la capitale.

Les milieux, en particulier, sont très marqués par le niveau de développement selon lequel se diversifient les conséquences dans les comparaisons faites aussi bien avec le passé que entre différents cas actuels. La croissance de l'urbanisation actuelle et attendue dans l'avenir en région méditerranéenne fait des milieux urbains les milieux les plus menacés par le risque représenté par les précipitations exceptionnelles. Peut-être paradoxalement les sociétés urbaines développées font-elles montre d'une dépendance inattendue envers les conditions immédiates des averses.

En ce qui concerne la prévention et l'alerte, nous verrons que dans ces situations extrêmes la première est d'ordre le plus souvent théorique car inappliquée lorsqu'elle est supposée exister et la seconde souvent inconnue. Prévention et alerte alors jouent dans ces conditions un rôle indéniable d'accroissement du risque.

##### **IV.1 LA VULNERABILITE DES SOCIETES DANS LE MILIEU RURAL**

En région méditerranéenne, française du moins, les sociétés ont utilisé les lits majeurs des rivières pour leurs activités depuis longtemps. A propos de la plus ancienne précipitation exceptionnelle que nous prenons ici en exemple, celle de 1827 dans le Var qui se limite à la vallée de la Nartuby, on ne parle, mis à part le foulon (machine à fouler les draps) de Rebouillon, que de maisons, bétail, meubles, blés, vignes, arbres fruitiers et prairies entraînés ou recouverts par des tas de sable ou pierres ou ravinés [Anonyme 2010]. Les 6 décès ont

Douguédroit Annick La vague, risque extrême des crues « éclair » en région méditerranéenne

été ceux de moissonneurs essayant de sauver leurs gerbes dans la plaine de Draguignan et Trans, ce qui montre néanmoins la rapidité de la montée des eaux, sans pour autant correspondre à une vague.

Le Retour d'Expérience élaboré après l'épisode de juin 2010 donne une liste détaillée des pertes avec leur estimation chiffrée que nous ne reprenons pas ici en détail [CETE 2011]. En ce qui concerne l'agriculture il est mentionné 50 M d'euros pour plus de 3 300 ha de viticulture, horticulture, maraîchage et arboriculture et plus de 4 000 têtes de bétail perdues. Il faut y ajouter les serres détruites ainsi que les campings installés sur ces terrains plats et comptés dans la rubrique « Tourisme » mais une surface notable de zone inondable occupée par des champs ou des prairies au 19<sup>e</sup> siècle l'était en 2010 par des extensions de l'urbanisation dont nous parlerons plus bas. Inutile de souligner plus l'écart avec les conséquences de la crue de 1827.

#### IV.2 LA VULNERABILITE DES SOCIETES URBAINES RECENTES, DELAISSEES OU IMPROVISEES

Nous mettons sous cette appellation de sociétés urbaines récentes, délaissées ou improvisées le cas de Bab el Oued. La situation s'explique en grande partie par les conséquences de la décennie tragique qui a frappé le pays pendant près de dix ans juste avant l'évènement de 2001. Elle apparaît à travers les récits comme une période de grand laisser aller de la part d'autorités apparemment submergées par les arrivées incontrôlées d'habitants fuyant les campagnes isolées et s'installant dans des habitats précaires sur les pentes, voir même dans le lit de l'oued ou s'entassant dans les maisons mal peu ou mal entretenues de l'ancien centre. D'après un élu de Bab el Oued, les 2 km<sup>2</sup> de l'unité administrative censés être peuplés de 96000 hab. l'étaient sans doute de 130000. Nombre de ces habitats fragiles ont alimenté en débris divers la crue. En même temps les hauteurs de Bouzareah urbanisées après destruction des forêts présentent des versants remodelés sans protection. Une photo repérée en 2009 montrait l'accumulation des débris au bas de la voie express. Il représentait une accumulation de plus d'un demi étage de pierres diverses dont certaines taillées et de morceaux de bois dans lesquels étaient fichés des voitures dressées à la verticale, ce qui laissait bien deviner les effets d'un courant extrêmement violent [Algeria-watch 2009, 2010].

Toute cette boue dont la vague était chargée, celle qui a comblé les caves et envahi les rez-de-chaussée des maisons le long de la voie express et des rues environnantes, venait essentiellement de là. En même temps l'obstruction des réseaux d'assainissement, du à la fois à un mauvais entretien et à des fermetures volontaires pour empêcher la pénétration en ville d'éléments étrangers indésirables pendant la décennie tragique mais non débouchés après, a rendu beaucoup plus difficile l'écoulement de l'eau qui ne pouvait plus se faire qu'en surface [Algeria-watch 2009, 2010].

Il existait bien sur le papier des plans de prévention et d'alerte mais au dire des interlocuteurs interviewés rien n'a fonctionné.

Les pertes humaines et les dégâts divers furent énormes. Et il se peut que des bâtiments et occupations plutôt illégaux n'aient pas été recensés. Sur le Tableau 1 nous avons tenté de rassembler les chiffres qui ont semblé acquis pour le cas de Bab el Oued. Les 828 décès ne concernent bien que cette commune et non l'ensemble de l'agglomération algéroise, pour laquelle il faudrait ajouter autour de 20 cas. C'est énorme. Tous les rez-de-chaussée de la voie principale et des rues voisines, en particulier près du bord de mer où les torrents d'eau manquaient de débouchés ont été dévastés [Algeria-watch 2009, 2010].

	Heure début	Décès	Disparus	Habitations détruites	Familles relogées	Magasins inondés	Entreprises inondées	Tourisme	Dommages Euros
Marseille 2000	17h30-18h	2	0	0	0	800			400 M
Bab el Oued 2001	Vague vers 7h30	706	122	145	2224	525			?
Var 2010	A partir de 16h	23	2	35000 sinistrés	193		2000	10000 lits	1,05 Milliard

Tableau 1. Des dommages chiffrés de trois épisodes pluviométriques exceptionnels

L'absence d'alerte rend la vague particulièrement dangereuse car imparable pour les humains sans que ses conséquences matérielles soient différentes de celles des crues « éclair ». Sur ce plan le cas de Bab el Oued

Douguédroit Annick La vague, risque extrême des crues « éclair » en région méditerranéenne

rassemble les conditions d'une société fragilisée, d'un environnement destructuré et d'une absence d'actions de prévention du risque.

### **IV.3 LA VULNERABILITE DES SOCIETES URBAINES DEVELOPPEES : LES HYPER CRUES « ECLAIR »**

Nous allons analyser le cas de Marseille en 2000 comme exemple type des risques liés aux précipitations extrêmes dans une ville de pays développé, même si cette n'est pas très récente, du moins dans les quartiers qui vont servir d'exemples. Et nous le comparerons à celui de l'épisode de 2003 pour montrer la sensibilité actuelle des villes de nos types de développement à des différences qui paraissent négligeables de prime abord, l'heure de l'évènement dans ce cas.

L'épisode du 19 septembre a touché la majorité de la ville, fait malheureusement deux morts, des blessés, paralysé la circulation de la ville et des autoroutes qui en sortent [Douguédroit 2004, 2009, 2010]. Les dégâts, essentiellement matériels et réparables ont été estimés globalement à 400 millions d'euros (Tab 1). Le noyau maximum enregistré (Fig.3 et 4) est tombé pour partie sur un centre-ville dont la situation a particulièrement frappé les esprits. Il coïncide avec la fin de l'après-midi, ce qui signifie une grande foule présente dans les rues, gonflée par l'heure de la sortie des bureaux, et une circulation dense. Ici les constructions solides résistent à l'inondation à la différence des habitats précaires, même si elles subissent des dommages dans les caves et les rez-de-chaussée [La Provence, la Marseillaise 2000].

L'agglomération marseillaise dispose d'un système de prévision et de gestion en temps réel du risque pluvial mais aucune alerte n'avait été donnée. Les équipes de terrain sont intervenues après le début de l'évènement ce qui a contribué à en augmenter les conséquences [La Provence, la Marseillaise 2000].

Les fortes pluies du 1<sup>er</sup> décembre 2003 n'ont pas touché Marseille de la même façon. Beaucoup d'eau par endroits, un fleuve de boue dans une cité, des menaces de l'Huveaune, les autoroutes coupées ou très embouteillées [La Provence, la Marseillaise 2003]. On est loin de l'état de la ville le 9 septembre 2000. La localisation du maximum de pluie sur les quartiers de l'est de la ville ainsi que l'heure de l'averse qui n'a commencé à devenir importante qu'après 19h y sont pour beaucoup. On voit ici la sensibilité de nos conditions de vie actuelles à certaines conditions des évènements eux-mêmes, comme leur heure, qui en accroissent brutalement leur vulnérabilité.

### **IV.4 LA VULNERABILITE AUX CRUES « ECLAIR » DES SOCIETES URBAINES DEVELOPPEES**

C'est le cas de la crue de l'Argens et de son affluent la Nartuby le 15 juin 2010. Le bilan complet de ses conséquences établi par le CETE peut être trouvé sur le web [CETE 2011]. Sans oublier les 25 morts ou disparus dont le nombre se serait sans aucun doute beaucoup accru sans les 2450 évacuations organisées par les différentes forces publiques, nous nous sommes limité aux conséquences, que l'on retrouve partiellement sur le Tableau 1, sur les trois zones d'activité des trois villes de Draguignan, Fréjus et Trans. Ces villes se sont étendues comme beaucoup d'autres par des lotissements et des zones d'activités installées sur des espaces plats faciles à utiliser qui ne sont que des portions de lit majeur des deux rivières. Au total 2000 entreprises ont été sinistrées dont 600 mises à l'arrêt total et 2560 chômeurs recensés. 31400 logements des 11 communes touchées dans l'ensemble du bassin ainsi que 3411 locaux commerciaux ont été construits en zone inondable naturellement ou rendus telle par des interventions humaines. Le Service départemental d'incendies et de secours a lui aussi été inondé et rendu inutilisable. Le rapport conclue à « une méconnaissance manifeste de la dangerosité d'une crue et à des comportements inadaptés ». Ce cas des inondations causées par la crue de l'Argens et de son affluent la Nartuby le 15 juin 2010 illustrent malheureusement de façon parfaite la vulnérabilité que se crée les sociétés urbaines développées imprudentes dans leur comportement à l'égard des milieux ruraux.

## **V CONCLUSION**

Nous avons centré notre recherche sur la notion de « vague » fluviale pour bien la définir par rapport à la crue « éclair » et l'hyper crue « éclair » urbaine. Nous avons établi les trois définitions à partir de cas particuliers : la crue « éclair » du réseau de l'Argens (Var, France) le 15 juin 2010, l'hyper crue « éclair » urbaine de Marseille le 19 septembre 2000 et la vague de Bab el Oued le 10 décembre 2001. Ces trois types de crues sont présentées là dans un ordre de rapidité croissante de l'évènement. Parmi eux on ne semble pouvoir être sûr que d'un cas de vague, dans le cours d'une crue d'ailleurs, celle de Bab el Oued.



Douguédroit Annick La vague, risque extrême des crues « éclair » en région méditerranéenne

La vulnérabilité associée à ces cas est en rapport avec le niveau de développement qui va de pair avec la fragilité humaine et matérielle. La vulnérabilité est maximale en quelque sorte aux deux extrémités de la hiérarchie, dans les sociétés peu développées et précarisées par leur histoire d'une part et dans les sociétés développées trop sûres d'elles-mêmes et de leur maîtrise de l'environnement. Les sociétés développées qui ont déconnecté l'aménagement du territoire du milieu « naturel » en ont oublié jusqu'à son existence et ses contraintes. Ces dernières leur sont rappelées par des événements exceptionnels tels que celui de la crue « éclair » du 15 juin 2010 dans le bassin de la Nartuby et de l'Argens.

## VI REMERCIEMENTS

L'auteure remercie Claude Martin, UMR 6012 ESPACE, pour ses informations et conseils relatifs à l'évènement du 15 juin 2010 dans le Var et Patrick Pentsch, Institut de Géographie, Aix-Marseille Univ, pour la réalisation des dessins.

## VII REFERENCES

- Algeria-watch (2009, 2010). - [www.Algeria-watch.org](http://www.Algeria-watch.org)
- Andrieu H., Browne O., Laplace D. (2004). - Les crues en zone urbaine : des crues éclairs ? *La Houille Blanche*, 4, 89-95.
- Anonyme, (2010). - L'orage du 6 juillet 1827. <http://transenprovence.overblog.com/article-18930396.html>
- Bobrowsky P (sous presse). - Encyclopedia of natural hazards, Springer.
- Boudevillain B. (2011) - *Risque hydrométéorologique, crues et inondations*. Université Joseph Fourier / Diffusion des savoirs, Cours 1 : Introduction. [www.lthe.fr/PagePerso/boudevil/ENS/DDS-364-cours1.pdf](http://www.lthe.fr/PagePerso/boudevil/ENS/DDS-364-cours1.pdf).
- CETE (2011). - Présentation de la journée technique du 15 mars 2010. Retour d'expérience sur les intempéries des 15 et 16 juin 2010 dans le var. CETE Méditerranée.
- Dehons P. (2002) - Prévision et suivi des crues urbaines. Expérience de la ville de Marseille, *La Houille Blanche*, 2:56-59.
- Douguédroit A. (2004). - A propos de l'averse du 19 septembre 2000 à Marseille. *Méditerranée*, 1.2:165-170.
- Douguédroit A. (2009). - Précipitations extrêmes et « crues urbaines » à Marseille (France) de 1861 à 2007. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 51, 105-114.
- Douguédroit A. (2010). - Précipitations extrêmes et crues en villes méditerranéennes Deux cas, Marseille et Alger. *Actes du XXIII<sup>ème</sup> Colloque de l'Association Internationale de Climatologie « Risques et changement climatique »*, Rennes, 1-4 septembre 2010, 185-190.
- Lahousse P., Pierre-Gil S. (2002). Evaluation de la dangerosité du torrent du Verdarel (Hautes-Alpes) dans Géomorphologie n°1 p93-103.
- La Marseillaise (2000). - 20 et 21 septembre.
- La Marseillaise (2003). - 2 décembre.
- La Provence (2000). - 20 et 21 septembre.
- La Provence (2003). - 2 décembre.
- Lehucher P M. et Lavabre J (1980). - Episodes pluvieux intenses dans le Massif des Maures et ses abords, CEMAGREF.
- Martin A. (2010). - Journée technique sur les Inondations des 15 et 16 juin 2010 dans le département du Var, Météo-France.Diaporama.
- Martin, C. (2010). - Les inondations du 15 juin 2010 dans le Centre Var : réflexion sur un épisode exceptionnel. *Ét. Géogr. Phys.*, XXXVII : 41-76. [www.physio-géo.fr](http://www.physio-géo.fr) (onglet E.G.P.).
- NOAA (2011). Flash-flood. National Weather Service.
- Paquier A., Pons F., Leblois E., and Rodriguez F. (2009). - Influence of rainfall distribution on urban flood: a case study. [www.scientificcommons.org/52522106](http://www.scientificcommons.org/52522106).
- Stephan E. (1892). - Orage du 1<sup>er</sup> octobre 1892, *Bulletin annuel de la Commission de Météorologie du département des Bouches-du-Rhône*, 96-100.
- Var-Matin (2001). Spécial inondations dans le Var. 16 juin 2010.
- Vinet F. (2003). *Crues et inondations dans la France méditerranéenne*, Edition du Temps.