



Utilisation de la cartographie hydrogéomorphologique : Etat des lieux et perspectives

Hydrogeomorphological mapping: current situation and perspectives

Antonin MONTANÉ¹, Freddy VINET², Thomas BUFFIN-BELANGER³ & Olivier VENTO⁴

Abstract: Hydrogeomorphological mapping is used in France since almost 20 years to carry out the Atlas de Zones Inondables. These atlases can be used to draw up the Plan de Prévention des Risques d'Inondation. We tackle the implementation of the hydrogeomorphological method, we analyze the checks on the development of this method and we suggest some directions to sustain the hydrogeomorphological mapping.

Key-words: hydrogeomorphology, mapping, France.

Résumé : La cartographie hydrogéomorphologique est employée depuis près de 20 ans en France pour la réalisation d'Atlas de Zones Inondables qui peuvent être utilisés dans les Plans de Prévention des Risques d'Inondation. Nous abordons la mise en œuvre de la méthode hydrogéomorphologique de détermination des zones inondables, nous analysons les freins au développement de cette méthode et nous proposons des orientations pour pérenniser la cartographie hydrogéomorphologique.

Mots-clés : hydrogéomorphologie, cartographie, France.

INTRODUCTION

La cartographie hydrogéomorphologique (HGM) est employée depuis près de 20 ans en France pour la réalisation d'Atlas de Zones Inondables (AZI) pouvant être utilisés dans les Plans de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI). Dans cet article, nous abordons la mise en œuvre de la méthode HGM employée en France, nous analysons les freins au développement de la méthode et nous proposons des orientations pour pérenniser la cartographie HGM.

FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE LA METHODE HYDROGEO MORPHOLOGIQUE

La cartographie hydrogéomorphologique repose sur une analyse naturaliste de la plaine alluviale et des différentes formes qui la composent. Dès 1960, Jean Tricart, qui s'appuie sur les inondations survenues dans la vallée du Guil en 1957, propose une classification des lits fluviaux. L'introduction de l'approche dans les services techniques de l'Etat débute en 1996 par la publication d'un guide méthodologique (MASSON *et al.*, 1996). La méthode est étayée par des travaux de thèse qui approfondissent les méthodes employées ou l'interprétation géomorphologique (CHAVE, 2003; DELORME-LAURENT, 2007; WULAMU, 2010) et par la publication d'articles qui insistent sur sa pertinence et son applicabilité (BALLAIS *et al.*, 2011; CHAVE & BALLAIS, 2006; CHAVE, 2002; DELGADO, 2006; GARRY *et al.*, 2002; MASSON, 1993; WULAMU *et al.*, 2013).

1 : Mayane, 173 chemin de la Fescou, 34980, Montferrier-sur-Lez. Courriel : antonin.montane@gmail.com

2 : Université Paul-Valéry Montpellier /IRD UMR GRED route de Mende 34199 MONTPELLIER cedex 5
Courriel : freddy.vinet@univ-montp3.fr

3 : Département de Biologie, Chimie et Géographie. Université du Québec à Rimouski. 300 Allée des Ursulines, Rimouski, Québec, Canada, G5L 3A1. Courriel : thomas_buffin-belanger@uqar.ca

4 : HYDRATEC, 3 chemin des gorges de Cabriès, 13127 Vitrolles. Courriel : vento_o@yahoo.fr

La zone inondable est constituée de trois lits selon MASSON *et al.*, 1996 : le lit mineur, le lit moyen et le lit majeur. Le lit mineur est composé du chenal d'étéage et de bancs sédimentaires non végétalisés ou bien de manière discontinue. Les limites du lit mineur correspondent à l'enveloppe du débit de plein bord, débit contrôlant les morphologies dominantes des cours d'eau (BRAVARD & PETIT, 1997) et dont la récurrence oscille généralement autour de 1,5 ans (LEOPOLD, 1994). Le lit moyen est situé entre le lit mineur et le lit majeur. Ce lit se retrouve principalement dans des régions à pluviométrie contrastée (DELORME-LAURENT, 2007), comme les régions méditerranéennes et de manière préférentielle dans les zones de transfert des cours d'eau. La fréquence de submersion de cette surface varie de 1 à 10 ans (MASSON *et al.*, 1996). Le lit majeur se situe directement au-dessus du lit mineur ou du lit moyen et présente, au contraire des deux autres lits, une topographie régulière représentative des écoulements peu dynamiques, mais aussi de crues moins fréquentes.

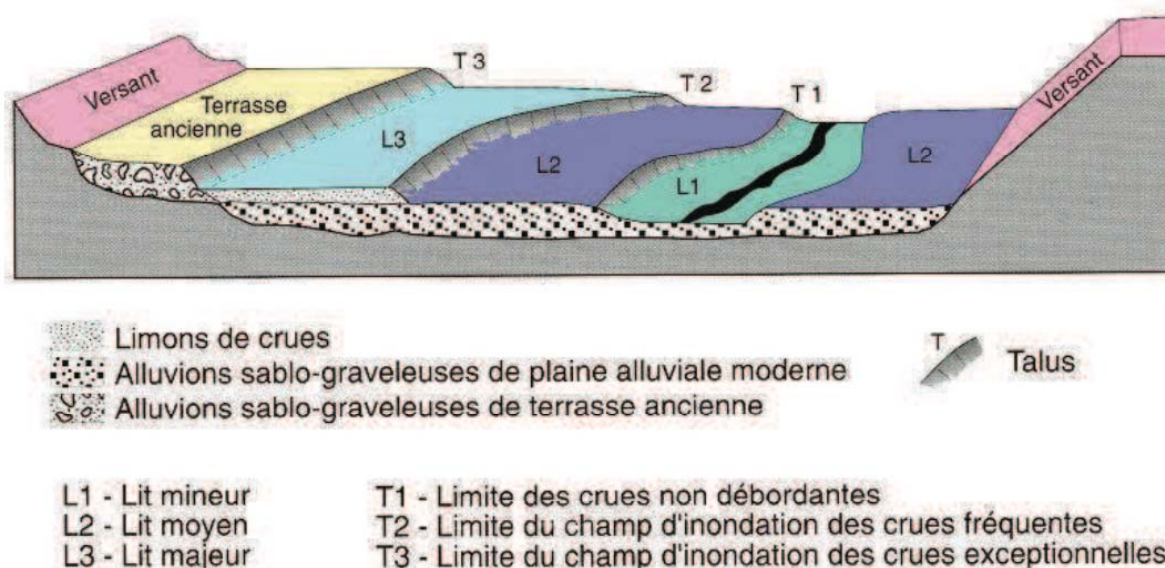


Figure 1 : Les unités hydrogéomorphologiques (d'après MASSON *et al.*, 1996)

Des travaux réalisés sur des sites du Sud de la France mettent en évidence l'existence d'un « lit majeur exceptionnel » (CHAVE, 2002 ; BALLAIS *et al.*, 2011 ; DELORME-LAURENT, 2007) et soulignent de ce fait qu'aux fondements scientifiques de base s'ajoutent des morphologies et des processus propres aux environnements où l'on cherche à appliquer la méthode.

UNE APPLICATION HETEROGENE DE LA METHODE HGM SUR LE TERRITOIRE FRANÇAIS

Après une décennie d'application sur plusieurs dizaines de bassins versants du Sud de la France, soit près de 20 000 km de cours d'eau cartographiés dans les régions Provence-Alpes-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon et des comparaisons avec des crues extrêmes qui ont marqué les esprits comme l'Ouvèze en 1992 (MASSON, 1993), l'Aude en 1999 (CHAVE, 2003, GARRY *et al.*, 2002) ou encore les Gardons en 2002 (BALLAIS, 2006), l'approche gagne logiquement en crédibilité. Là où des extensions de crues centennales modélisées étaient dépassées par ces crues bien plus importantes, la cartographie hydrogéomorphologique montrait une bonne concordance. C'est donc naturellement qu'une circulaire ministérielle de 2004¹ demande à ce que les départements du Midi méditerranéen intègrent l'hydrogéomorphologie dans leurs PPRI.

¹ Circulaire du 21/01/04 relative à la maîtrise de l'urbanisme et adaptation des constructions en zone inondable. <http://www.bulletin-officiel.developpementdurable.gouv.fr/fiches/exboenvireco/200415/A0150005.htm>

Les cartographies d'un Atlas de Zones Inondables (AZI) constituent une donnée de base utilisée par la suite dans les PPRI, comme le recommande le guide méthodologique produit par le Ministère de l'Équipement (GARRY & GRASZK, 1999). A ce titre, plusieurs DIREN (Direction Régionale de l'Environnement, aujourd'hui les DREAL) ont produit des AZI en intégrant de manière stricte (Languedoc-Roussillon, PACA et Corse) ou avec des méthodes proches (Midi-Pyrénées et Basse-Normandie) l'approche hydrogéomorphologique définie dans le guide de 1996 (MASSON *et al.*, 1996) et approfondie par un cahier des charges ministériel (MEDD, 2001) qui regroupe également un guide de numérisation standardisé. Aujourd'hui les AZI employant une approche hydrogéomorphologique ont été produits de manière systématique dans 5 régions (PACA, Languedoc-Roussillon, Corse, Midi-Pyrénées, Basse-Normandie) et sont présents de manière plus sporadique dans les autres régions françaises (MONTANE, 2014).

Les PPRI de ces régions sont caractérisés par une utilisation systématique de la cartographie hydrogéomorphologique pour les documents prescrits après 2004 (MONTANE *et al.*, 2015). Les limites des zones inondables provenant des AZI sont utilisées en zone à faible enjeu en complément des modélisations hydrauliques produites uniquement pour les traversées urbaines.

ATOUPS ET LIMITES SELON LES SERVICES DE L'ETAT

Une enquête réalisée auprès des DDT (Direction Départementale des Territoires) et des DREAL entre 2011 et 2013, souligne les trois qualités de la cartographie hydrogéomorphologique appréciées par les services de l'Etat : la rapidité d'exécution, la vision maximisante des zones inondables et la possibilité de vérifier les résultats sur le terrain (MONTANE *et al.* 2015).

Cette enquête révèle également trois critiques importantes de la méthode. La première limite reste l'absence de cote de crue qui fragilise l'utilisation de l'hydrogéomorphologie dans le zonage réglementaire des PPRI. Il est intéressant de noter que les personnes qui mentionnent cet inconvénient se situent précisément dans des territoires qui n'utilisent pas la méthode. Pour les personnes qui ont testé l'intégration de l'hydrogéomorphologie dans les PPRI, celle-ci ne pose plus de difficultés (MONTANE *et al.*, 2015).

La seconde critique provient de l'absence de considération de l'anthropisation de la plaine alluviale dans la démarche cartographique. L'approche hydrogéomorphologique ne peut pas par exemple estimer la surcote liée à un pont, à des remblais, ou à des digues. DAVID GOUTX (2014) répond à cette critique en expliquant que cette faiblesse supposée est en réalité une force dans la mesure où elle « rend immédiatement lisible l'hypothèse de la « transparence hydraulique » des ouvrages de protection prônée par la doctrine de prévention des risques ».

Enfin, l'une des critiques les plus persistantes met en avant la nature vernaculaire des fondements scientifiques de la méthode HGM. Le fait que la majorité des cartes et des guides existants concerne des cours d'eau méditerranéens explique sans doute en partie cette impression. MONTANE (2014) montre au contraire que la cartographie hydrogéomorphologique ne doit pas être réservée à des cours à régime méditerranéen et que celle-ci est valable sur tous les cours d'eau, quelle que soit leur zone climatique. Ce constat est avéré par la réalisation d'AZI par approche hydrogéomorphologique en Bourgogne², dans l'Ouest de la France³ ou en Guadeloupe⁴ ainsi que par des expérimentations menées par des chercheurs hors de France ayant mené à des développements de la méthode, comme au Québec (DEMERS *et al.*, 2014 ; LELIEVRE *et al.*, 2008), en Espagne (MASCAREÑAS i RUBIES, 2012) ou en Chine (WULAMU, 2010; WULAMU *et al.*, 2013). Il est en revanche indispensable d'afficher les incertitudes de la méthode, qui sont très fortes dans les portions aval des systèmes fluviaux (écoulement en toit, plaine deltaïque, comblement sédimentaire des plaines littorales).

² DIREN de Bourgogne, 2009. Atlas des zones inondables de la Petite Grosne et autres rivières. Rapport d'étude. 24 p.

³ DDE de la Vienne, 2009. Atlas des Zones Inondables de 27 cours d'eau dans le département de la Vienne par analyse hydrogéomorphologique. 32 p. □

⁴ DIREN de Guadeloupe, 2008. AZI des cours d'eau de la Basse-Terre par des techniques d'analyses hydrogéomorphologiques. 126 p.

LA CARTOGRAPHIE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE : UNE METHODE ENCORE PEU DIFFUSEE

Un premier constat doit être dressé sur la diffusion de la cartographie hydrogéomorphologique. Cette méthode reste un épiphénomène dans la sphère de l'aléa inondation en France où dominent les modélisations hydrauliques et hydrologiques (GOUTX, 2014). Par exemple, sur un échantillon de 282 PPRI étudiés, seuls 28% d'entre eux intègrent, à des degrés variés, une cartographie hydrogéomorphologique (MONTANE, 2015). Elle n'a jamais été adoptée de manière unanime par les services de l'Etat. Elle reste cantonnée dans le sud de la France où la couverture quasi-totale du réseau hydrographique en AZI marque une possible fin des marchés publics liés à la méthode dans cette région.

La production de cartographies hydrogéomorphologiques pour des PPRI ou des AZI est le fait de bureaux d'études mandatés par les services de l'Etat. Force est de constater que les professionnels de l'hydrogéomorphologie sont souvent isolés dans leur bureau d'étude et qu'il n'existe aucune synergie entre ces personnes qui gagneraient pourtant en visibilité et en crédibilité en parlant plus souvent d'une seule voix. L'apparition de désaccords entre les différents promoteurs et inventeurs de la méthode ces dernières années a nuit à sa diffusion (GOUTX, 2014). La discorde porte entre autres sur l'existence ou non d'un « lit majeur exceptionnel » qui propose un lit inondable situé entre le lit majeur et les unités de l'encaissant, non inondables.

Un autre frein à la diffusion de l'approche demeure l'absence de communication sur l'intégration de la cartographie hydrogéomorphologique dans les PPRI et sur l'adaptabilité de la méthode à des contextes différents. Les questionnaires envoyés entre 2011 et 2013 aux services techniques de l'Etat, (MONTANE *et al.*, 2015) ont par exemple montré qu'à l'échelle de trois départements limitrophes, la méthode pouvait changer de statut de manière binaire. Dans le département du Gard, la cartographie hydrogéomorphologique est intégrée de manière systématique dans les PPRI, en complément de modélisations hydrauliques, sans que cela ne pose de problème pour l'instruction des procédures. Plus au nord, dans le département de l'Ardèche, l'approche hydrogéomorphologique s'intègre progressivement dans les PPRI, comme par exemple en 2013 sur le PPRI de l'Ibie. En revanche, lorsque l'on interroge la DDT de la Haute-Loire sur la méthode, celle-ci nous explique que ces limites sont qu'elle ne propose pas de « cotes de références » et qu'elle est « peu adaptée à (leur) territoire » (MONTANE, 2014). Cette différence de traitement traduit clairement une méconnaissance locale des caractéristiques de la méthode et notamment de sa capacité d'adaptation à des contextes différents et des possibilités d'intégration dans les PPRI.

VERS UNE PLUS GRANDE RECONNAISSANCE DE LA METHODE HGM

La diffusion de la cartographie hydrogéomorphologique en France est mitigée. La méthode est utilisée de manière systématique par certains gestionnaires. Mais elle demeure absente de certains territoires et la réalisation de nouvelles cartographies en France est actuellement de l'ordre de quelques projets par an, souvent intégrée à la production de nouveaux PPRI.

La reconnaissance de la cartographie hydrogéomorphologique demandera de nouvelles expérimentations dans des contextes différents des cours d'eau méditerranéens, comme par exemple au Québec, où une méthode HGM différente prend son essor (DEMERS *et al.*, 2014 ; MONTANE, 2014) en s'adaptant au contexte physique (géomorphologique, climatologique, hydrologique), mais aussi administratif.

Jusqu'à présent, les différentes publications liées à la cartographie hydrogéomorphologique mettent en avant sa pertinence scientifique vis-à-vis des crues historiques (MASSON, 1993 ; CHAVE, 2003 ; GARRY *et al.*, 2002) ou encore ses atouts tels que sa fiabilité ou son faible coût (BALLAIS *et al.*, 2007; CHAVE & BALLAIS, 2006; CHAVE, 2002; DELGADO, 2006; GARRY *et al.*, 2002). Pour que la méthode prenne de l'essor, il importe de communiquer sur les modalités de la prise en compte de l'hydrogéomorphologie dans les PPRI, en s'appuyant sur l'expérience des départements du Sud de la France et casser ainsi l'idée préconçue que seules les modélisations hydrauliques sont valables pour régler l'urbanisme. Il sera ensuite nécessaire de communiquer sur l'adaptabilité de l'approche à des cours d'eau non méditerranéens. Pour beaucoup de gestionnaires, la cartographie hydrogéomorphologique reste une méthode méditerranéenne.

La « sécurisation juridique » de l'approche hydrogéomorphologique passe par la recherche d'un langage commun avec l'hydraulique. En effet, la délimitation des zones inondables qui repose de manière classique sur une interprétation par stéréoscopie de photographies aériennes et d'expertise de terrain ne permet pas de produire de cotes, une donnée centrale d'un PPRI, comme les vitesses. Ces cartographies reposant uniquement sur une interprétation qualitative pouvaient donc toujours être sujettes à caution. Avec l'utilisation de MNT (Modèle Numérique de Terrain) et en particulier de MNT à haute résolution issues de la technologie LiDAR (*Light Detection And Ranging*) il s'avère possible de quantifier l'interprétation hydrogéomorphologique, voire de produire des cartes de hauteur d'eau en utilisant par exemple la méthode du MNZI (Modèle Numérique de Zones Inondables). Un MNZI correspond à la hauteur d'eau atteinte par une crue qui remplit entièrement le lit majeur et qui est produit par une interprétation hydrogéomorphologique et des calculs d'hydraulique simplifiée ponctuels. Plusieurs applications sur des cours d'eau à « crue lente » se montrent particulièrement efficaces, comme pour le PPRI de la vallée de l'Yerres⁵, de l'Essonne⁶ ou des TRI de Nancy/Damelevières et Saint-Dié-des-Vosges/Baccarat produits⁷ pour la Directive Inondation (MONTANE, 2014).

CONCLUSION

Il sera important que les professionnels de l'hydrogéomorphologie se regroupent, travaillent en réseau et tentent de se mettre d'accord sur ses principes scientifiques. Il en va de la crédibilité de la cartographie hydrogéomorphologique.

Enfin, il semble important de penser à former, au sein de formations universitaires ou en école d'ingénieur aux principes de la méthode, comme cela fut le cas durant les années 1990 (BALLAIS *et al.*, 1993 ; 1997 ; 1998 ; 1999 ; 2000) de la part des fondateurs de la méthode en France. La formation peut se faire à deux niveaux : un niveau « connaissance » pour informer les futurs agents des services instructeurs sur l'intérêt et les limites de l'approche et un niveau « Expert » destiné à former un nombre plus réduit de praticiens. Il s'agit de montrer que la méthode est adaptable à différents contextes et peut se révéler utile dans la confection des PPR voire la gestion de crise en dessinant les contours d'une inondation « extrême » ce qui est requis par la directive européenne, dite [directive "inondation" 2007/60/CE](#) du 23 octobre 2007 sur les inondations.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALLAIS, J.-L., BUQUET, P. & MASSON, M., 1993. Stage sur « L'utilisation de la méthode hydrogéomorphologique pour la prévention des risques d'inondation. Organisateur : Société du Canal de Provence (Le Tholonet).
- BALLAIS, J.-L., GARRY, G. & MASSON, M., 1997. Stage sur « La cartographie des zones inondables. L'apport de la méthode hydrogéomorphologique ». Organisateur : Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Pertuis.
- BALLAIS, J.-L., GARRY, G., DE SAINT-SEINE, M. & MASSON, M., 1998. Stage « Etudier et prendre en compte les risques d'inondation : intérêt et complémentarité des approches ». Organisateur : Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Alès.
- BALLAIS, J.-L., GARRY, G. & MASSON, M., 1999. Stage « Evaluer les risques d'inondation par approche hydrogéomorphologique. 1^{ère} partie : élaborer la cartographie ». Organisateur : Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Aix-en-Provence.
- BALLAIS, J.-L., GARRY, G. & MASSON, M., 2000. Stage « Evaluer les risques d'inondation par approche hydrogéomorphologique. 2^{ème} partie : développer les applications cartographiques ». Organisateur : Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Anduze.
- BALLAIS, J.-L., 2006. Le Gardon d'Anduze et la méthode hydrogéomorphologique. *Etudes de Géographie Physique*, 23 : 5–12. □

⁵ PPRI de la vallée de l'Yerres - <http://www.essonne.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement-risques-naturels-et-technologiques/Risques-naturels/Risque-inondation/PPRI-de-l-Yerres>

⁶ PPRI de la vallée de l'Essonne - <http://www.essonne.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement-risques-naturels-et-technologiques/Risques-naturels/Risque-inondation/PPRI-de-l-Yerres>

⁷ <http://www.lorraine.developpement-durable.gouv.fr/cartographie-des-surfaces-r2602.html>

- BALLAIS, J.-L., CHAVE, S., DUPONT, N., MASSON, E. & PENVEN, M.-J., 2011. La méthode hydrogéomorphologique de détermination des zones inondables. *Physio-géo*, 168 p., mis en ligne le 21 mars 2011, consulté le 29 avril 2016. url : <http://physio-geo.revues.org/3307> ; doi : 10.4000/physio-geo.3307
- BRAVARD, J.-P. & PETIT, F., 1997. Les cours d'eau, dynamique du système fluvial. Armand Colin, Paris, 222 p.
- CHAVE, S. & BALLAIS, J.-L., 2006. From hydrogeomorphology to hydraulics computations: a multidisciplinary approach of the flood hazard diagnosis in the mediterranean zone. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 50 : 523–540.
- CHAVE, S., 2002. Pertinence de la cartographie hydrogéomorphologique dans l'approche des inondations rares à exceptionnelles : exemples de sept bassins fluviaux dans les Corbières et le Minervois. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*. 8 : 297–306.
- CHAVE, S. 2003. Elaboration d'une méthode intégrée de diagnostic du risque hydrologique. Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille I, 284 p.
- DELGADO, J.-L., 2006. Estimation des crues de référence par approche géomorphologique. *La houille blanche*, 5 : 97–101. □
- DELORME-LAURENT, V., (2007). Contribution à la méthode hydrogéomorphologique de détermination des zones inondables. Thèse de doctorat, université Aix-Marseille I, 436 p.
- DEMERS, S., OLSEN, T., DUBE, J., BUFFIN-BELANGER, T. & MORNEAU, F. 2012. La cartographie des zones inondables par une approche hydrogéomorphologique. Volume 2 : guide méthodologique. Rapport ministère de la sécurité publique du Québec, 35 p.
- DEMERS, S., OLSEN, T., BUFFIN-BELANGER, T., MARCHAND, J.-P., BIRON, P. & MORNEAU, F., 2014. L'hydrogéomorphologie appliquée à la gestion de l'aléa d'inondation en climat tempéré froid: l'exemple de la rivière Matane (Québec). *Physio-Géo*, 8, 67-88. doi : 10.4000/physio-geo.3813 .
- GARRY, G. & GRASZK, E., 1999. Plans de prévention des risques naturels (PPR) : risques d'inondation, guide méthodologique. Ministère de l'équipement, Documentation française, Paris, 123 p.
- GARRY, G., BALLAIS, J.-L. & MASSON, M., 2002. La place de l'hydrogéomorphologie dans les études d'inondation en France méditerranéenne. *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 8, 1 : 5–15.
- GOUTX, D., 2014. Les leçons de l'incorporation de l'expertise hydrogéomorphologique dans la doctrine française de prévention des risques d'inondation. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 14, 2, consulté le 25 janvier 2015 [en ligne]
- LELIEVRE, M.-A., BUFFIN-BELANGER, T. & MORNEAU, F., 2008. L'approche hydrogéomorphologique pour la cartographie des zones à risque d'inondation dans les vallées de petites et moyennes tailles : un exemple commenté pour la vallée de la Rivière-au-Renard. In *Comptes rendus de la 4ème conférence canadienne sur les géorgiques : des causes à la gestion*, Presse de l'université Laval, Québec, 8 p.
- LEOPOLD, L. B., 1994. A view of the river. Harvard University Press, Cambridge, 298 p.
- MASCAREÑAS i RUBIES, P., 2012. Característiques i inundabilitat per rierades sobtades (flash flood) als torrents costaners del nord del cap de creus (catalunya). Thèse de doctorat, Universitat de Barcelona, 350 p.
- MASSON, M., 1993. Après Vaison-la-Romaine : pour une approche pluridisciplinaire de la prévision et de la planification. *Revue de géomorphologie dynamique*, 2 : 73-77.
- MASSON, M., GARRY, G. & BALLAIS, J.-L., 1996. Cartographie des zones inondables. Approche hydrogéomorphologique. Guide méthodologique, Editions villes et territoires, Paris, 100 p.
- MATE, 2001. Atlas de zones inondables par analyse hydrogéomorphologique. Termes de référence du C.C.T.P. pour la réalisation des atlas. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'Environnement, Paris, 104 p.
- MONTANE, A., 2014. L'approche hydrogéomorphologique : pratiques, valorisation et développement d'une méthode de cartographie des zones inondables, Thèse de doctorat, Université Montpellier 3, 281 p.
- MONTANE, A., VINET, F., BUFFIN-BELANGER, T., VENTO, O. & MASSON, M., 2015. Cartographie hydrogéomorphologique : émergence d'utilisations règlementaires en France », *Physio-Géo* [en ligne], 9 : 37-60, mis en ligne le 18 février 2015, consulté le 17 décembre 2015. url : <http://physio-geo.revues.org/4397>
- TRICART, J., 1960. Les types de lits fluviaux. *L'information géographique*, 24 : 210–214.
- Wulamu, M., 2010. Les risques d'inondation dans la région du Xinjiang (Chine) : cas du Karakash-Darya. Thèse de doctorat, université Aix-Marseille I, 345 p.
- WULAMU, M. & BALLAIS, J.-L., Delorme, V., 2013. L'applicabilité de la méthode hydrogéomorphologique au domaine aride du Xinjiang (Chine) : le cas du bassin versant du Karakash. *Physio-Géo*, 7 : 285–306, mis en ligne le 21 septembre 2013, consulté le 28 avril 2016. url : <http://physio-geo.revues.org/3633> ; doi : 10.4000/physio-geo.3633.