

POUR DES VILLES RESILIENTES AUX INONDATIONS

Cas de la ville de M'sila, Algérie

REDJEM Ali, NOUBAT Brahim et NAGHEL Mostepha

Laboratoire ville, environnement, société et développement durable, Institut de gestion des techniques urbaines, Université de M'sila, Algérie.

Reçu le 05/02/2017 – Accepté le 23/02/2020

Résumé

Le territoire national soumis aux inondations qui se manifestent de façon catastrophique, constituant ainsi une contrainte majeure pour le développement économique et social du pays. D'après Le recensement effectué par les services de la protection civile le phénomène concerne une commune sur trois (485 communes) qui est susceptible d'être inondée en partie ou en totalité. Ces inondations sont les catastrophes naturelles les plus fréquentes et les plus destructrices, provoquant d'importants dégâts humains et matériels.

La prévention contre ces risques représente un intérêt particulier pour le développement durable du pays. Face à l'accroissement du risque, seul une action volontaire paraît appropriée, fondée sur le constat que la prise en compte des inondations dans l'aménagement et le développement du territoire ne peut se limiter à une approche trop locale, sectorielle et à court terme, mais elle suppose une politique globale de prévention des risques naturels. Une série de mesures a donc été définie en juillet 2003, qui a notamment conduit à l'institution de la loi 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

L'apport principal de cette étude est de dégager des pistes de réflexion qui nous permettent de nous appuyer sur un socle scientifique solide pour la fabrication d'une ville résiliente aux risques d'inondations. Les questions développées dans cette recherche, ont pour objectifs d'une part d'informer sur le niveau de résilience de la ville par rapport à des scénarios d'inondation, d'autre part d'aider les pouvoirs publics à prendre les décisions adéquates aux temps nécessaires afin d'augmenter le niveau de résilience des milieux urbains et de montrer que d'autres voies méritent d'être explorées afin de sortir de l'impasse actuelle exprimée par la hausse du coût des dommages.

Mots clés : Inondations, gestion, risque, résilience urbaine, aide à la décision.

Abstract

The national territory subject to flooding is disastrously presenting a major constraint for the economic and social development of the country. According to the census carried out by the civil protection services, one commune out of three (485 communes) is likely to be flooded in part or in full. These floods are the most frequent and destructive natural disasters, causing significant human and material damage.

Prevention of these risks is of particular interest to the sustainable development of the country. In view of the increase in risk, only voluntary action seems appropriate, based on the recognition that taking into account flooding in land use planning and development can not be limited to an overly local, sectoral and short-term approach, But it presupposes a comprehensive policy for the prevention of natural hazards. A series of measures was therefore defined in July 2003, which led, inter alia, to the introduction of Law 04-20 of 25 December 2004 on disaster management in the context of sustainable development.

The main contribution of this study is to identify the avenues for reflection that allow us to build on a solid scientific foundation for the construction of a city resilient to the risks of floods. The objectives of this research are to provide information on the level of resilience of the city to flood scenarios and to help the public authorities to make appropriate decisions Time to increase the level of resilience of urban areas and to show that other avenues deserve to be explored in order to overcome the current impasse expressed by the rising cost of damage.

Keywords: Floods, management, risk, urban resilience, decision support.

المخلص.

الإقليم الوطني المعرض للفيضانات التي تحدث بطريقة كارثية يشكل عائقا كبيرا أمام التنمية الاقتصادية والاجتماعية. وفقا لتعداد أجرته مصالح الحماية المدنية فإن بلدية من بين ثلاثة (485 بلدية) مرشحة لأن تغمرها المياه جزئيا أو كليا. هذه الفيضانات هي أكثر الكوارث الطبيعية المتكررة والأشد تدميرا بحيث تتسبب في خسائر بشرية وأضرار مادية كبيرة.

تشكل الوقاية من هذه المخاطر أهمية بالغة في مجال التنمية المستدامة ببلادنا. وفي مواجهة الخطر المتزايد، يبدو أن العمل التطوعي هو الأنسب، بناء على النتيجة التي مفادها أن إدراج الفيضانات في التخطيط وتنمية الإقليم لا يمكن أن يقتصر على مقاربة محلية، قطاعية وقصيرة المدى ولكنه يتطلب سياسة شاملة للوقاية من المخاطر الطبيعية. وقد تم اعتماد سلسلة من التدابير في جويلية 2003، والتي أدت خصوصا إلى فرض القانون 04-20 من 25 ديسمبر 2004 على إدارة الكوارث في إطار التنمية المستدامة.

تأتي هذه الدراسة للمساهمة في طرح رؤى قابلة للتنفيذ والتي تتيح لنا الاعتماد على أساس علمي متين لبنني مدينة مرنة تجاه خطر الفيضانات. كما يهدف هذا البحث من ناحية الإبلاغ على مستوى صمود و مرونة المدينة في ما يتعلق بسيناريوهات الفيضانات و من ناحية أخرى لمساعدة السلطات على اتخاذ القرارات المناسبة في الوقت اللازم لزيادة مستوى المرونة في المناطق الحضرية ونبين أنه توجد طرق أخرى تستحق البحث فيها للخروج من الأزمة الحالية التي تعبر عن ارتفاع تكلفة الضرر.

الكلمات المفتاحية : الفيضانات، إدارة المخاطر، المرونة في المناطق الحضرية، دعم اتخاذ القرار.

INTRODUCTION :

Les inondations en Algérie se définissent aujourd'hui comme étant un phénomène naturel fréquent induisant des dégâts matériels et humains souvent catastrophiques, causés essentiellement par le débordement des lits majeurs des oueds.

Les événements pluvieux de Bab El oued en 2001, de Skikda en 2004 et récemment celles de M'sila en 2007 et de Ghardaïa en 2008, qui ont causé des crues dévastatrices sont des preuves alarmantes (fig.1).



Fig. 1 Inondation de Bab El oued en 2001

Plusieurs facteurs affectent aujourd'hui la gestion du risque d'inondation en ville et influent sur l'aggravation de ce phénomène, dont les facteurs météorologiques, topographiques, géologiques, hydrologiques et humains. Ces derniers sont étroitement liés à la croissance démographique et à l'urbanisation souvent inappropriée sur les zones inondables.

Cette urbanisation rapide s'accompagne généralement d'un étalement urbain important occupant parfois des zones non constructibles. Cet étalement urbain est à lui seul générateur de risque puisque, d'un côté, cela aboutit à construire la ville dans des zones où les aléas sont plus forts, d'un autre côté, les réseaux techniques urbains ne sont plus adaptés et sous dimensionnés pour la collecte et l'évacuation des eaux pluviales.

La réaction face à ce risque d'inondation a consisté pendant plusieurs décennies à lutter contre les crues ce

qui signifiait d'abord que l'on cherchait à agir sur le phénomène naturel – la crue – et uniquement sur lui, c'est -à-dire sur une seule composante du risque – l'aléa – et non sur les enjeux ou leur vulnérabilité (LEDOUX, 2006).

Nous cherchons, à travers cette réflexion, à développer la connaissance du risque inondation; le phénomène naturel générateur de ce risque, ses causes, ses modalités de survenance et de déroulement ainsi que les enjeux et leur vulnérabilité. Elle clarifie le désordre de cette notion en montrant que le risque d'inondation est un concept complexe bien souvent associé à l'unique dimension physique liée à l'aléa, alors que l'aléa n'est pas nécessairement le moteur du risque, la vulnérabilité aussi.

I. MATERIELS ET METHODES

Notre recherche a pour finalité la formalisation des connaissances utiles pour l'aide à la décision et pour l'aide à la fabrication de villes résilientes aux inondations. En particulier et en préliminaire, mettre en exergue les différents éléments constituant l'espace en vue de l'évaluation de la résilience urbaine vis-à-vis du risque inondation constitue l'apport principal de cette recherche.

Cette recherche est donc transdisciplinaire et au service de la ville. Elle a pour objectifs de proposer des pistes de réflexion en faveur de la ville résiliente en prenant en compte la capacité de résistance des systèmes techniques urbains (voiries et réseaux divers), puis la capacité d'absorption des réseaux techniques urbains.

Nous chercherons à analyser l'espace urbain et les facteurs influant sur le niveau de résilience de la ville pour répondre à sa capacité à fonctionner en mode dégradé (à absorber une perturbation et à récupérer ses fonctions), puis à son aptitude à être remise en service. Enfin, nous proposerons des outils dédiés à l'aide à la décision pour l'amélioration de la résilience urbaine en vue de spatialiser les connaissances produites sur les systèmes techniques urbains : spatialisation des capacités de résistance, d'absorption, et de récupération. Enfin, en s'appuyant sur ces trois capacités, nous mettons en œuvre des outils pour l'aide à la gouvernance des systèmes techniques urbains.

II. EFFETS DE LA CROISSANCE URBAINE SUR LA VULNERABILITE DES VILLES.

Plusieurs causes aggravent aujourd'hui la gestion du risque inondation en ville. Depuis 2007, la moitié de la population mondiale vit en milieu urbain (UN-Habitat, 2007). Ce palier atteint, il est attendu que la population totale vivant en ville double dans les 30 prochaines années (Jacques VERON, 2007, Tab.1)

Cette urbanisation rapide s'accompagne généralement d'une expansion urbaine importante. Cette croissance urbaine est à elle seule génératrice de risque puisque d'un côté, cela aboutit à construire la ville dans des zones où les aléas sont plus forts (généralement non constructibles), d'un autre côté, les réseaux techniques urbains ne sont plus adaptés à cette situation et sous dimensionnés pour la collecte et l'évacuation des eaux (Gourbesville, 2008). Le fonctionnement de la ville dépend en grande partie du fonctionnement des réseaux. La moindre défaillance peut avoir des conséquences graves sur le fonctionnement urbain (Robert et al., 2009).

Mais, quel que soit le scénario retenu, des conséquences sur la fréquence et la sévérité des précipitations sont attendues. De même, des périodes de sécheresse plus intenses alterneront avec ces précipitations plus fortes (Lamarre, 2008). Cette sécheresse aura une action directe sur l'imperméabilisation des sols. Ainsi, des précipitations plus intenses sur des sols plus imperméables, augmenteront le risque inondation. De plus, d'autres sources d'inondations provenant des incertitudes liées à la fiabilité des données, à leur acquisition, puis à leur exploitation, compliquent la gestion du risque inondation (Barroca, 2006). C'est sur la base de ces données incertaines, incomplètes et imprécises que sont produits les modèles de prévision des crues, de même que le dimensionnement des ouvrages de protection.

Dans ce contexte où le monde devient de plus en plus incertain, il devient donc nécessaire de développer de nouvelles stratégies de gestion du risque d'inondation pour anticiper des scénarios d'inondation que les modèles probabilistes¹ jugent comme extrêmes ou rares (Zevenbergen *et al.*, 2011).

Les zones inondables sont soumises à différents types d'inondation, dont les caractéristiques influencent le déroulement des crises et l'ampleur des impacts humains et économiques. Le risque n'est pas le même sur les différents territoires exposés puisque ni l'aléa ni la vulnérabilité ne sont les mêmes; les crues surviennent de manière plutôt lente sur les bassins plats alors qu'elles se produisent de manière extrêmement rapide et brutale sur les bassins pentus. Aussi, les inondations ne provoquent pas de catastrophes susceptibles de marquer les esprits si les zones inondables n'étaient pas ou peu occupées par l'homme. (LEDOUX, 2006)

¹ Les modèles probabilistes d'aide à la décision font partie des instruments de travail actuels des gestionnaires et des scientifiques. L'approche retenue propose, selon les besoins, une route intermédiaire entre l'intuition probabiliste et un traitement mathématique rigoureux. (Zevenbergen *et al.*, 2011)

Tableau 01 : Population Urbaine du monde selon le nombre et la taille des agglomérations urbaines entre 1975 et 2005

Taille des agglomérations	1975	2005
10 millions d'habitants ou plus		
Nombre d'agglomérations	3	20
Population (en millions)	53,2	292,6
Proportion de la population urbaine (%)	3,5	9,3
De 5 à 10 millions d'habitants		
Nombre d'agglomérations	15,0	30
Population (en millions)	117,2	204,5
Proportion de la population urbaine (%)	7,7	6,5
De 1 à 5 millions d'habitants		
Nombre d'agglomérations	163	364
Population (en millions)	316,8	713,2
Proportion de la population urbaine (%)	20,9	22,6
De 500.000 à 1 millions d'habitants		
Nombre d'agglomérations	242	455
Population (en millions)	170,0	318,2
Proportion de la population urbaine	11,2	10,1
Moins de 500.000 habitants		
Nombre d'agglomérations	- (*)	- (*)
Population (en millions)	858,7	1622,0
Proportion de la population urbaine (%)	56,6	51,5

Source: Jacques Véron, 2007, p.2

Les phénomènes socio-urbains (croissance urbaine, construction en zones à risques, urbanisation spontanée...) sont à l'origine de la vulnérabilité de la ville.

En conséquence, de nouvelles stratégies et de mesures de gestion du risque d'inondation en milieu urbain doivent être envisagées (Zevenbergen *et al.*, 2011). Elle doivent prendre en considération une multitude de facteurs qui amplifient les sources possibles d'inondations en ville (Blanksby *et al.*, 2009), ce qui complique la gestion du risque d'inondation. Cette gestion intégrée doit intervenir à plusieurs échelles spatiales et temporelles. L'enjeu est bien d'augmenter la résilience de la ville existante face aux inondations, mais aussi de concevoir une ville adaptée au risque d'inondation, avec des quartiers urbains en considérant tous ces enjeux.

III. PARAMETRES DES COURS D'EAU

Le lit d'une rivière désigne tout l'espace occupé, en permanence ou temporairement, par un cours d'eau. On distingue trois types de lits (Verniers. G, 1995).

A. Lit mineur : c'est la zone limitée par les berges, il est constitué par le lit ordinaire du cours d'eau, pour le débit d'étiage ou pour les crues fréquentes (crues annuelles). (Merabet, 2006)

B. Lit moyen : est généralement inondé par des crues fréquentes et qui participe aux écoulements des crues. Il

correspond à l'espace fluvial ordinairement occupé par la ripisylve²

C. Lit majeur (lit d'inondations) : est l'espace occupé par le cours d'eau lors de ses plus grandes crues, il comprend les zones basses situées de part et d'autre du lit mineur, sur une distance qui va de quelques mètres à plusieurs kilomètres. Sa limite est celle des crues exceptionnelles (MERABET, 2006).

Le lit majeur alors fait partie intégrante de la rivière. Cet espace (lit majeur) occupé par un cours d'eau lors d'une inondation peut être partagé en deux zones :

- Une zone d'écoulement, au voisinage du lit mineur.
- Une zone de stockage des eaux, où la vitesse est faible. Ce stockage est fondamental, car il permet le laminage de la crue, c'est -à-dire la réduction du débit et de la vitesse de montée des eaux à l'aval (MERABET, 2006).

IV. TYPES D'INONDATIONS

Les inondations peuvent être la conséquence de crues ou simplement de fortes averses. L'inondation des zones urbanisées n'est pas toujours liée à la proximité d'un cours d'eau. Les principaux facteurs qui influencent la durée et l'intensité des inondations sont la quantité de pluie qui tombe, l'état des sols (degré d'imperméabilisation, pratiques culturales, aménagement et entretien du réseau hydrographique). C'est en fonction de l'événement créateur de la catastrophe, qu'on peut distinguer plusieurs types d'inondation : inondations de plaine, par remontée de nappe, par crues torrentielles, par ruissellement en secteur urbain ou rural, inondation par rupture d'une digue et inondations marines (Mémento pratique du particulier – Risque « inondations», 2005)

Ce sont les quatre premiers cas qui nous intéressent, où le phénomène générateur est la pluie et l'inondation engagé à partir des fleuves et des rivières ; la classification consiste donc à distinguer les inondations provoquées par des crues à cinématique lente (inondations de plaine, remontée de nappe) de celles générées par des crues à cinématique rapide (crues torrentielles, ruissellement). (Ledoux, 2006)

IV.1. Inondations de Plaines.

Les inondations de plaine se produisent à la suite d'épisodes pluvieux océaniques prolongés mais d'intensité modérée, s'abattant sur des sols où le ruissellement est long à se déclencher, sur des bassins versants moyens à grands (supérieur à 500 km²). La rivière sort de son lit mineur lentement et peut inonder la

plaine pendant une période relativement longue. La rivière occupe son lit moyen et éventuellement son lit majeur.

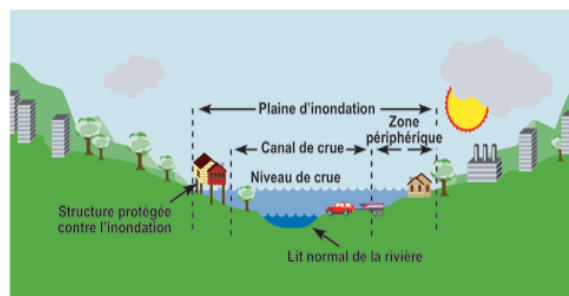


Fig 2 plaine inondée

source <https://ec.gc.ca/eau-water/>

Ces phénomènes concernent surtout les terrains bas ou mal drainés. Sa dynamique lente perdure plusieurs semaines. Les dommages que provoque ce type d'inondation sont imputables aux hauteurs et durées de submersion. (Merabet, 2006)

IV.2. Inondations par remontées des nappes phréatiques.

Elles correspondent à des inondations par débordement indirect qui se manifestent lorsque le sol est saturé d'eau, il arrive que la nappe affleure et qu'une inondation spontanée se produise. Ce phénomène concerne particulièrement les terrains bas ou mal drainés et peut perdurer d'où la remontée de la nappe phréatique qui affleure en surface et/ou par l'intrusion d'eau dans les différents réseaux d'assainissement. (Merabet, 2006)

Les désordres liés à ce type d'inondation se traduisent par des remontées sous bâtisses, l'ennoyage des ouvrages souterrains, la déstabilisation des tassements de remblai, des glissements de terrain, des perturbations sur les réseaux publics, des pressions sous les constructions, etc. (Boubchir, 2007)

IV.3. Inondations par crues torrentielles.

Lorsque des précipitations intenses tombent sur tout un bassin versant, les eaux ruissellent et se concentrent rapidement dans le cours d'eau, d'où des crues brutales et violentes dans les torrents et les rivières torrentielles. Les spécialistes retiennent cinq critères pour définir la crue torrentielle: la rapidité de la réponse du cours d'eau, sa pente, le nombre de Froude³, le transport solide, les effets de ces crues .

Ce phénomène se rencontre, essentiellement, dans les zones de montagne et en région méditerranéenne, elles

²La notion de ripisylve désigne généralement des formations linéaires boisées étalées le long de petits cours d'eau . On dit forêt riveraine, rivulaire ou ripisylve (étymologiquement du latin ripa, « rive » et sylva, « forêt ») est l'ensemble des formations boisées, buissonnantes et herbacées présentes sur les rives d'un cours d'eau, ou zone riparienne, la notion de rive désignant l'étendue du lit majeur du cours d'eau non submergée à l'étiage (HYDRO CONCEPT, 2015)

³ Le nombre de Froude, de l'hydrodynamicien anglais William Froude, est un nombre sans dimension qui caractérise dans un fluide l'importance relative de l'énergie cinétique de ses particules par rapport à son énergie potentielle gravitationnelle.

ont des vitesses d'écoulement importantes, même dans le lit majeur. Les bassins versants qui peuvent être affectés par ces phénomènes sont ceux qui ont de petite à moyenne superficie et une forte pente moyenne. Les crues torrentielles se caractérisent par un très fort transport solide et une profonde modification du lit à l'occasion de l'événement. Les dommages imputables à ces phénomènes sont avant tout liés à la vitesse du courant, renforcés par les matériaux que peuvent charrier les rivières générant de telles crues. (Ledoux, 2006)

IV.4. Inondations par ruissellement.

Les inondations par ruissellement en secteur urbain sont celles qui se produisent par écoulement dans les rues de volumes d'eau ruisselée sur le site ou à proximité et qui ne sont pas absorbés par le réseau d'assainissement superficiel et souterrain.

Les inondations par ruissellement recouvrent des phénomènes physiques différents selon qu'elles se produisent en milieu rural, périurbain ou urbain. Mais ces phénomènes se caractérisent par leur soudaineté et leur courte durée, ce qui les rend peu prévisibles et difficilement maîtrisables en période de crise. Il s'agit de phénomènes très locaux, intéressant les petits bassins versants. (Ledoux, 2006)

Le ruissellement pluvial urbain provoque d'importantes inondations lorsque les terrains sont plus imperméables, le tapis végétal plus faible, la pente plus forte et il peut avoir des conséquences néfastes. Malheureusement, l'intervention humaine est parfois source d'aggravation de ce phénomène. Ce fut le cas des inondations de Bâb El Oued du 10 novembre 2001 à Alger, des pluies exceptionnelles et intenses, sur une étendue de 40 km², de l'ordre de 214 mm pendant 24h, ont causé 750 morts et 120 personnes disparues et plus de 10000 familles sinistrées. (Merabet, 2006)

V. CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

V.1. Zone d'étude.

La ville de M'sila est située dans la région du Hodna, entre 63°58 et 64°15 de longitude Est et 39°50 et 39°57 de Latitude Nord. Elle est dotée d'un réseau hydrologique très important, il s'agit du oued Ksob et oued Faïdh Bourtem.

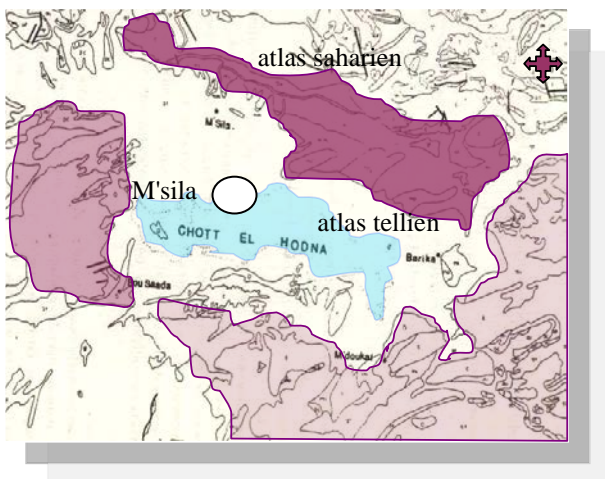


Fig.3 situation "Cuvette" de la ville de M'sila .
Source: C.R.CHICOUCHE, 2008

Au cœur de la steppe algérienne situé au de-là du Tell maritime et humide et en deçà du désert saharien, le Hodna constitue une entité naturelle bien individualisée ; une cuvette de 8500 Km², très déprimée et entourée de massifs montagneux assez élevés, qui sert de niveau de base à un bassin versant trois fois plus étendu dont les oueds les plus nombreux et les moins pauvres viennent du Nord et de l'Est. (Sebhi ; 1987). Elle s'étend au pied des montagnes, entre le Djebel Metlili et les monts des Ouled Soltan, à l'Est, jusqu'au delà de M'sila au Nord-Ouest, formant ainsi au cœur même de l'Algérie, une large dépression dont le fond est à moins de 400 mètres. Le Hodna est dominé au Nord et à l'Est, par un arc de montagnes hautes de 1400 à plus de 1800 mètres qui relie l'Atlas tellien à l'Atlas saharien, le massif de Ouennougha à l'Aures en passant par les monts du Hodna et du Belezma. (fig.3 et 4)

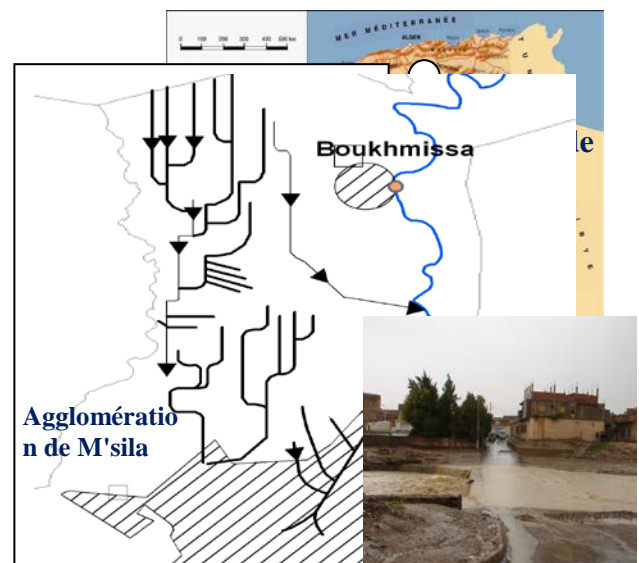


Fig. 4 Localisation de la zone d'étude

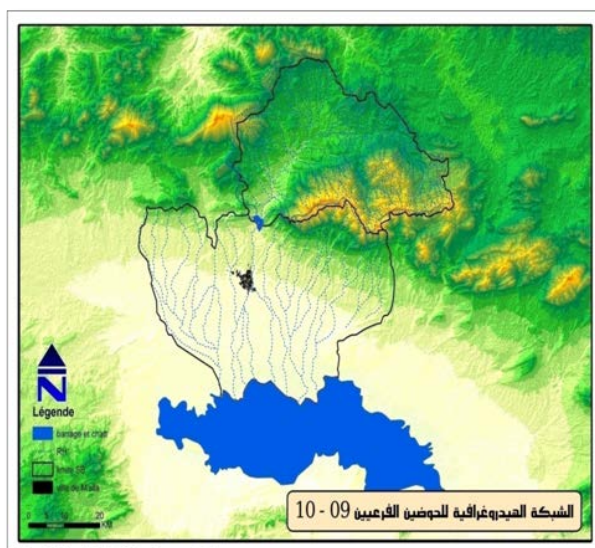
V.2. Le réseau hydrographique.

Le bassin hydrographique du Hodna présente un réseau hydrographique dense d'environ 2165 km². Il draine les apports de 24 sous bassins (Fig.5) constitué de cours d'eau dont les débits peuvent être très importants durant la saison des pluies.

Chott El Hodna fait partie d'une série de chotts qui se sont développés là où convergent les eaux provenant de l'atlas saharien au Sud et l'atlas tellien au Nord (Boumezbour, 2002).

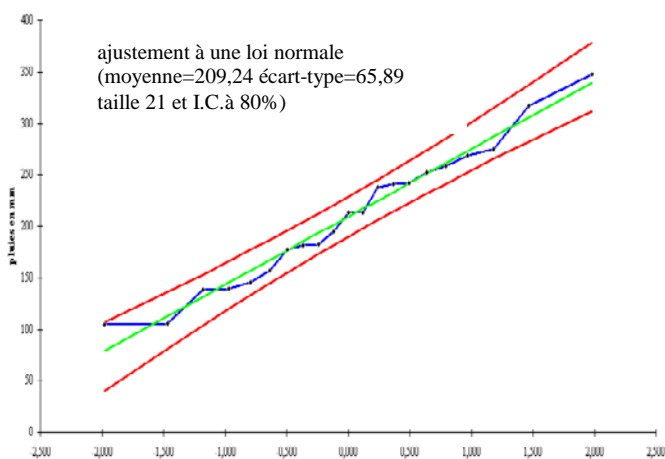
V.3. La pluviométrie.

Les précipitations dans le bassin versant du Hodna se caractérisent par une grande variation spatiale et temporaire. Les valeurs de la pluie annuelle diminuent au fur et à mesure qu'on descend vers le sud. En effet, les précipitations varient en moyenne entre 220 à 400 mm au bassin du Hodna.



Source: BRAHIMI.H, 2012

Fig.5 Réseau hydrographique des bassins versants 09 et 10.



Source: station météo de M'sila

Fig.6 la pluviométrie de la ville de M'sila

VI. Les inondations en milieu urbain.

En Algérie les précipitations sont caractérisées par une très forte irrégularité tant interannuelle que saisonnière entraînant des étiages extrêmement sévères des cours d'eau et inversement des fortes crues et des inondations engendrant des dégâts humains et matériels considérables.

La genèse des fortes crues et leurs impacts sur l'environnement et les activités changent d'une région à une autre en fonction des conditions géographiques, climatiques et d'occupation des sols qui les caractérisent. Bien que la cause fondamentale de la plupart des inondations soit l'arrivée d'importantes chutes de pluie, elles ne sont pas toutes dues à des phénomènes exceptionnels. Bien d'autres facteurs agissent, soit pour aggraver les effets d'une crue, soit pour créer eux mêmes des phénomènes hydrauliques dans les surfaces de l'eau tels que la présence des débris et des troncs d'arbres qui réduisent la capacité du lit de l'oued.

A titre d'exemple; rien que pour l'année 1989 où de fortes pluies orageuses ont frappé la Wilaya de M'sila on a enregistré comme dégâts:

- une personne disparue et plus de 200 familles sinistrées à Sidi Aissa.
- Deux ouvrages d'art chevauchant les RN 08 et RN 40 emportés par les crues.
- Trois ponts sur les RN 40 et RN 60 endommagés, deux gués sur la RN 60 emportés par les eaux et plusieurs Km de routes détériorées.(fig. 7)
- Perte d'une retenue collinaire et de douze digues de déviations. (protection civile, 1989)

D'une manière générale, les causes des inondations survenues, jusqu'alors, à M'sila peuvent être classées en trois types:

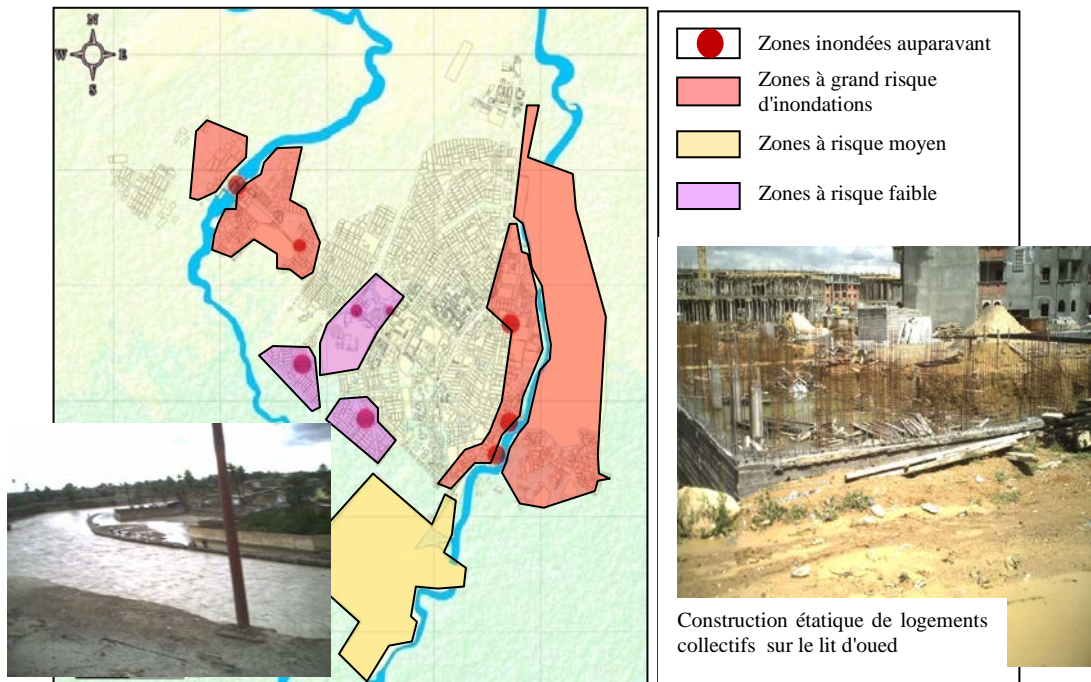
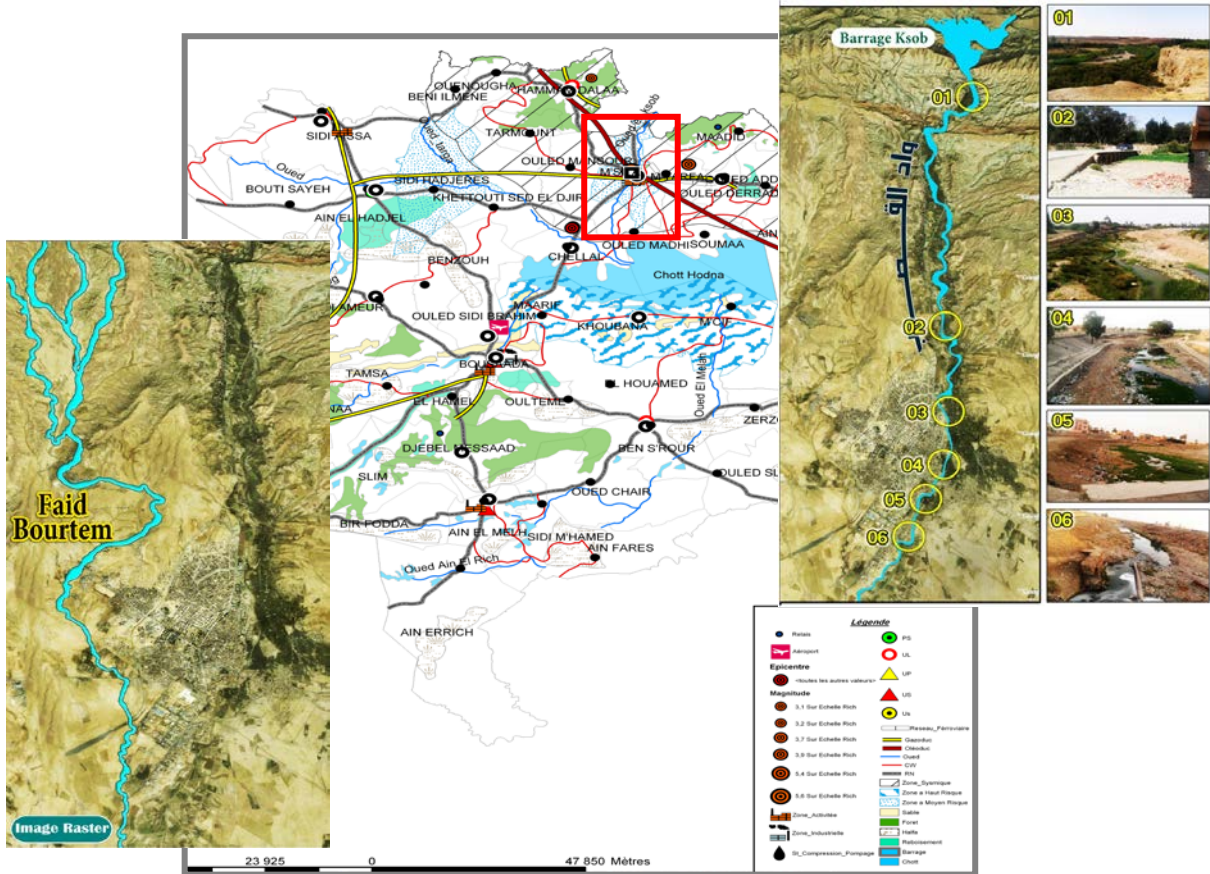
1. Les inondations liées à des situations météorologiques remarquables se traduisant par une forte pluviosité (pluies importantes, orages violents) tels que les inondations de 1994 ou les ruissellements, extrêmement rapides et violents, sont passés à plus de 700 m³/s de débits d'oued K'sob en quelques heures seulement.

2. Les inondations provoquées par des facteurs liés à l'effet de l'homme: la défaillance des réseaux d'assainissement et de collecte des eaux pluviales, le gonflement des oueds par les décombres et les débris et d'autres agissements humains qui favorisent des dégâts lors des averses saisonnières; les inondations de 1982, 1994, 2001 et 2007 qui ont provoqué d'énormes dégâts humains et matériels sur les quartiers spontanés ou ceux à forte concentration de population tels que; El Kouche, Largoube ou encore Mouilha et Ouled B'dira qui illustrent parfaitement l'influence de ces facteurs dans l'apparition du phénomène d'inondation.(Fig 9)

3. Les inondations produites dans des régions présentant un environnement topographique défavorable comme le cas des villes traversées par des oueds (M'sila, Bordj Bou Arréridj,..) ou situées au pied d'une montagne (ex: Bou-saada). Ces centres urbains à forte concentration de populations et sous l'effet d'une urbanisation anarchique et non réglementée présentent des grands risques, des pertes humaines et des destructions de constructions enregistrées à chaque inondation aussi légère qu'elle soit. (fig. 8)



Fig.7 dégâts causés par les inondations



VII. DYNAMIQUE URBAINE ET OCCUPATION DES SOLS

L'étude des dynamiques urbaines trouve son intérêt dans les formes qu'emprunte aujourd'hui la croissance urbaine ; l'extension démesurée de l'agglomération de M'sila, le gaspillage de l'espace, la diffusion du fait urbain, l'éclatement de la ville, sont autant d'aspects des processus de croissance périphérique. (C.Bidou, 1982).

Les photographies aériennes de la ville de M'sila, de 1961 à 2008, révèlent le mode d'occupation progressive du terrain. Parce que le site le permet (plaine du Hodna), l'extension du tissu urbain se fait directement sur des zones vierges extérieures au tissu déjà existant, essentiellement, tout au long des parties marginales sensibles des oueds, colonisant ainsi d'année en année un espace réputé non aedificandi. (fig.10)

VIII. IDENTIFICATION DES ZONES A RISQUE D'INONDATIONS

La spatialisation des zones à risque montre que les zones inondables sont surtout situées sur les sols hydromorphes, de faible dénivelé; et sont celles immédiatement proches des bords des oueds. Cela constitue dans un premier temps un facteur très important au risque.

Dans un second temps la faible dénivellation de ces zones les favorise à encaisser une grande partie de l'eau des crues. Enfin le caractère "plat" du sol dans la zone vient s'ajouter pour l'aggravation du phénomène par sa faible pente voire même nulle ce qui permet la stagnation de l'eau le plus longtemps possible. Au total, les zones de risque fort sont caractérisées par la combinaison de tous les facteurs favorisant la survenue des inondations (imperméabilité du sol, faible altitude, absence du couvert végétale pente et occupation du sol par des constructions spontanées...)(fig.6).

L'intérêt de subdiviser les zones en différents niveaux de risque (zonage) réside dans le fait que les rigueurs dans les prises de décision se feront en fonction du niveau de risque des

zones délimitées. Ainsi la zone qui correspond à un très fort risque sera appelée zone inondable inconstructible. En cas d'inondation ces zones seront toujours atteintes. Les zones aux risques moyens et faibles sont des zones submersibles. Il s'agit des zones où l'eau peut déborder mais va vite circuler.

Ces zones inondables ont été identifiées à l'aide d'une cartographie établie par références aux périodes de retour 10, 50 et 100 ans.

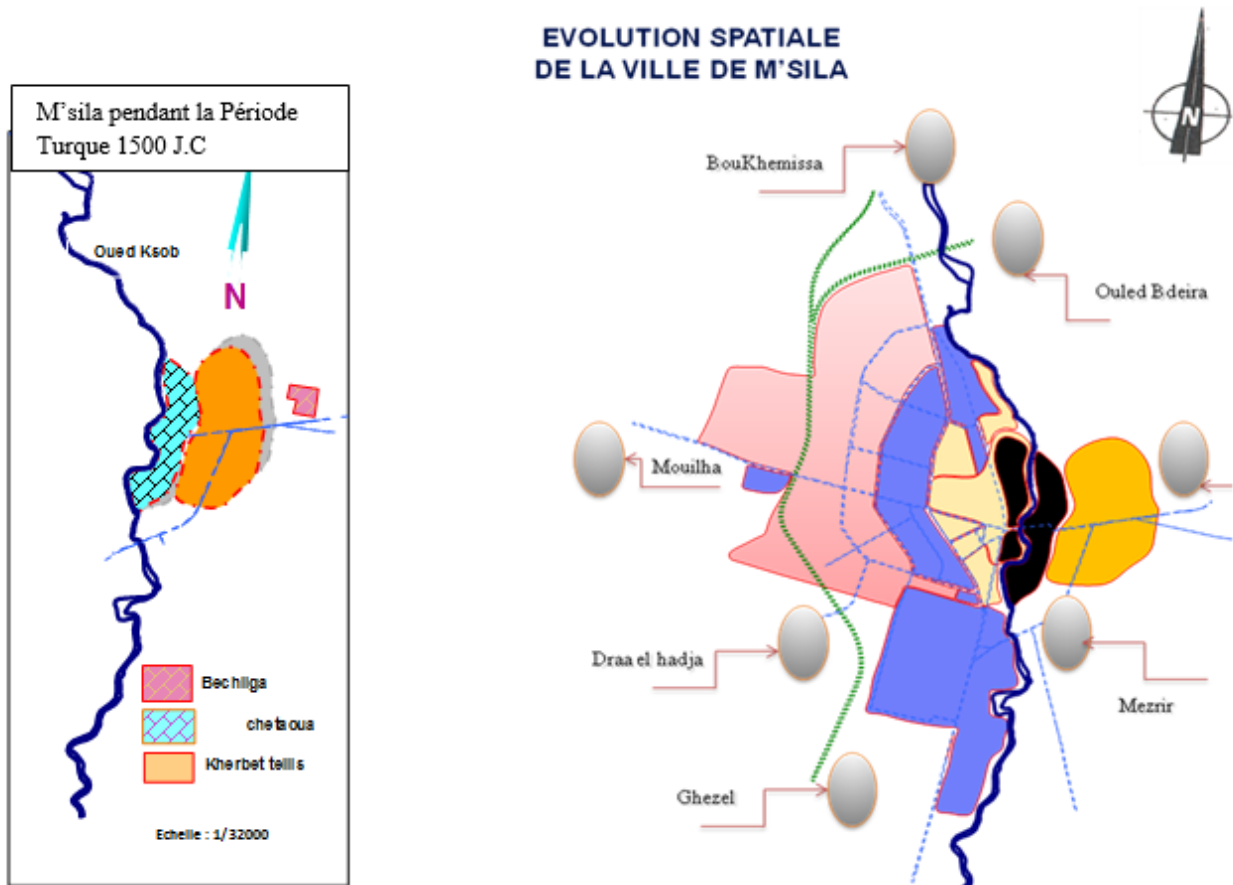


Fig.10 Evolution spatiale de la ville de M'sila. Source : Benkhaled .E.H , 2011

La combinaison des différentes classes de l'aléa et des enjeux (habitats en durs et précaires, infrastructures, terres agricoles) situés dans ces zones permet de qualifier et de hiérarchiser les niveaux de risques (de très fort à faible).

L'identification des espaces occupés par une population et habitats précaires et individuels, (les plus vulnérables), sont soumis à un risque d'inondation fort à très fort. Ils sont localisés aux bords de l'oued K'sob ou Faid Bourtem c'est le cas des quartiers d'El Kouche, Largoube ou encore Mouilha et Ouled B'dira (Fig.9)

Ces sites d'habitats précaires (informels) sont partiellement dépourvus d'infrastructure routière, d'équipements, de réseaux d'eau et d'assainissement, ce qui constitue un autre facteur aggravant la situation.

IX. GESTION DES RISQUES ET SITUATIONS D'URGENCE

La gestion des risques et la gestion des situations d'urgence sont décomposées en trois phases se chevauchant et interagissant entre elles :

1. la gestion du risque (pré-crise)
2. la gestion des situations d'urgence (crises)
3. l'analyse post-crise et la réhabilitation (post-crisis).

La gestion du risque repose sur trois grands axes :

L'estimation du risque : L'estimation du risque se base sur les connaissances scientifiques, l'état de la recherche pour caractériser la nature et la magnitude du risque.

L'évaluation du risque : L'évaluation du risque qui prend en compte les facteurs économiques, politiques, sociaux et légaux pour réduire le risque.

Le contrôle : Le contrôle basé sur le choix d'une série d'actions pour réduire le risque à un niveau tolérable ou acceptable. C'est là où la réduction de la vulnérabilité joue un rôle primordial.

Dans la phase de gestion du risque, l'ensemble des mesures relatives à l'estimation, l'évaluation et le contrôle du risque repose sur :

Les connaissances scientifiques et techniques sur les risques

- les mécanismes d'aide à la décision appropriés
- la définition et mise en œuvre de mesures techniques adéquates de prévention et de réduction de la vulnérabilité
- l'importance des processus d'information et d'éducation.

X. L'AIDE A LA DECISION EN MATIERE DE GESTION DES RISQUES D'INONDATIONS

L'aide à la décision en matière de gestion des risques d'inondations vise à fournir au moment voulu, sous une forme appropriée, les connaissances structurées, nécessaires et suffisantes pour aider le décideur dans les options qu'il doit prendre pour gérer le risque.

La participation des «concernés» demande qu'on les trouve à tous les niveaux de la gestion, c'est-à-dire :

- les décideurs (collectivités locales, pouvoirs publics,...)
- les personnes concernées par les décisions
- les acteurs de la Protection Civile, de la Santé, de la Police, ...
- les Administrations
- les représentants du secteur privé
- la société civile en général
- les représentants des médias
- les volontaires
- les citoyens....

Les rapports locaux sur les modes de gestion des risques d'inondation donnent un aperçu général de toutes les mesures qui ont été prises jusqu'à présent dans la gestion des risques d'inondation qui doit prendre en considération :

- Afin de protéger les surfaces à coté du oued K'sob, il est nécessaire que les agglomérations (d'Ouled B'deira, El kouche et Largoub) soient éloignées du réseau hydraulique au minimum de 50 m, afin d'éviter tout dégât possible.
- faire les aménagement de protection nécessaires sur l'oued K'sob à travers l'ajustement du lit de l'oued de façon très empirique afin de protéger les terres et les quartiers des crues
- Introduire les nouveaux outils de gestion tels que le SIG, qui se définit comme l'ensemble des structures, des méthodes, des outils et des données constitué pour rendre compte de phénomènes localisés dans un espace spécifique et faciliter les décisions à prendre sur cet espace,
- Mise en place d'un système de prévision et d'alerte aux crues
- Elaboration de cartes d'aléas de crues
- Coordination nationale des mesures,
- Améliorer l'échange d'informations et l'accès à l'information,
- Améliorer la connaissance du risque d'inondation par un échange d'expériences (en particulier sur les cours d'eau,
- Echanger des informations sur la mise au point de modèles hydrauliques, hydrologiques et climatiques,
- Sensibiliser la population,
- Mettre en œuvre les mesures d'abaissement des niveaux d'eau.

CONCLUSION.

Les inondations à M'Sila ont été pendant longtemps un phénomène rare. Cependant la croissance démographique et l'occupation de l'espace sans le respect des textes et lois en vigueur l'on rendu vulnérable à ce risque. Les inondations de 2007 ont rappelé en même temps les dirigeants et la population à une prise de conscience de l'ampleur et la gravité du phénomène.

Notre étude nous a permis de contribuer à une gestion efficace des inondations liées particulièrement aux crues de ces oueds en remettant aux décideurs des documents

d'aide à la décision qui sont limités, dans un premier temps, à l'identification des zones inondables. Et qui demande, dans un deuxième temps avec les nouvelles technologies, d'exploiter des outils et méthodes plus fiables, en particulier, l'apport des SIG à la simulation de crues des oueds à travers la réalisation de plusieurs scénarios, l'identification des zones inondables et la détermination des différentes hauteurs d'eau dans la zone inondée.

Ainsi, le croisement des cartes de crues avec la carte d'occupation du sol permet de recueillir plusieurs informations utiles à la gestion du risque de l'inondation à savoir la délimitation exacte des zones touchées par la crue, le nombre des constructions avec même le nombre potentiel des personnes en danger, et par conséquent, pouvoir mieux choisir les moyens adéquats d'intervention et avoir une idée sur les types de dégâts ainsi que l'ampleur du risque.

REFERENCES :

Barroca B., (2006). *Risque et vulnérabilités territoriales : Les inondations en milieu urbain*. Thèse de doctorat de l'Université de Marne la Vallée, Champs-sur-Marne, 296 p. + annexes.

Barroca B., Serre D. & Diab Y., (2012). Le concept de résilience à l'épreuve du génie urbain. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [Online]*, 12.

Boutté G., (2006), Risques et catastrophes : comment éviter et prévenir les crises ?, Papyrus, Montreuil.

Bernardara P., Schertzer D. & Lang M., (2005). Regional patterns of flood and rain extreme value index in the South of France. *Geophysical research abstracts*, 7.

Bourrelier P. H., Deneufbourg G. & de Vanssay B., (2000). *Les catastrophes naturelles, le grand cafouillage*. Santé et Société, Ed. Osman Eyrolles, 262 p.

B Barroca., G Hubert et Y Diab., (2006), *Vulnérabilité : une clé de lecture du risque inondation*, Journées Scientifiques de l'Environnement, Créteil, France.

Dauphiné A. & Provitolo D., (2003). Les catastrophes et la théorie des systèmes auto organisés critiques. In V. Moriniaux (ed.), *Les risques*, éditions du Temps, p. 255.

Dauphiné A., (2001). *Risques et catastrophes: Observer, spatialiser, comprendre, gérer*. Armand Colin.

Djament-Tran G. & Reghezza M., (2012). *La résilience urbaine. Les villes face aux catastrophes*. Paris, Editions Le Manuscrit

Donze J., (2007). Le risque: de la recherche à la gestion territorialisée. *Géocarrefour*, n° 82, p. 3-5.

Jacques Veron, (2007), *La moitié de la population mondiale vit en ville*, in *Population & Sociétés*, Numéro 435, Juin 2007, bulletin mensuel d'information de l'institut national d'études démographiques.

Lallau B., (2011) *La résilience, moyen et fin d'un développement durable*. *Éthique et économique*, 8, 168-185.

Lamarre D., (2008), *Climat et risques : Changements d'approches*. Travaux du Groupement de recherches du

CNRS sur les risques liés au climat Groupement de recherches sur les risques liés au climat (Dijon), Paris : Tec, 170 p.

Ledoux. B., (2006), *La gestion du risque inondation*, Tech et Doc Lavoisier, Paris.

UN HABITAT., (2007), *GLOBAL REPORT ON HUMAN SETTLEMENTS, ENHANCING URBAN SAFETY AND SECURITY*

Zevenbergen C et al., (2011), *Urban Flood Management*. London, UK: Taylor and Francis Group.

S Sebhi., (1987), *Mutation du monde rural Algérien, le Hodna*, O.P.U, Alger, PP.19-23.

Merabet A., (2006) : *Etude de la protection de la ville de Sidi Bel Abbés contre les inondations*, Mémoire de Magister, Université de Djilali Liabes-Sidi Bel Abbés.

C Bidou., (1982), *Modes de vie et nouvelles couches moyennes : modèle culturel et recherche d'identité*, in Colloque de Dourdan, Plan Construction, juin 1982.

Boumezeur A., (2002).- *Atlas des 26 zones humides Algérienne d'importance internationale*. DGF (Direction Générale des Forêts), Alger, 89 p. www.dgf.gov.dz/zones_humides/ressources/atlas4.pdf

Verniers G., (1995). *Aménagement écologique des berges des cours d'eau -- techniques de stabilisation*. Presses Universitaires de Namur, Belgique, 77 pages.