

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

**FACULTE :** Gestion des Techniques  
Urbaines

**DEPARTEMENT :** Gestion de la Ville

N° :.....



**DOMAINE :** Architecture, Urbanisme et  
Professions de la ville

**FILIERE :** Gestion des Techniques Urbaines

**OPTION :** *Gestion des Risques Naturels en  
Milieu Urbain*

**Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Académique**

**Par: OTHMANI Djamal**

**Intitulé**

**LA VULNERABILITE AU RISQUE D'INONDATION  
EM MILIEU URBAIN  
Cas de la ville d'Alger  
( Massif de Bouzaréah )**

**Soutenu le 12 juin 2017 devant le jury composé de:**

<b>Dr .GUERMIT</b> Ali	- Université de M'sila	- Président
<b>Mme. OUDINA</b> Fatima Zohra	- Université de M'sila	- Rapporteur
<b>Dr. GHADBAN</b> El- nadir	- Université de M'sila	-Examineur

**Année universitaire : 2016 /2017**

Aux êtres les plus chers à mon cœur,  
***Maman & Papa***  
qui m'a toujours soutenu (moralelement  
surtout).  
A ma chère fiancée, ***Sabrina***  
A la mémoire de mon Ami  
***Kadri Abdelkader*** .

## Remerciements :

Je voudrais d'abord remercier « Allah » que DIEU nous bénisse !

Je tiens à féliciter ma famille pour son soutien moral, et pour l'encouragement qu'elle m'a apporté tout au long de mes études.

Je voudrais témoigner de la reconnaissance à tous ceux qui m'ont permis de mener à terme ce travail.

Je tiens particulièrement à exprimer ma gratitude à mon encadreur **Mme OUDEINA FATIMA-ZOHRA** pour son apport substantiel dans la réalisation de ce modeste travail ainsi que pour son ensemble de consultations, tout au long de cette formation, qui ont inspiré et nourri mon savoir.

Je remercie également tous les enseignants dont j'ai eu l'honneur d'être l'étudiante en Ingéniorat (2008-2013 ) et en Master ( 2016/2017) au département de Gestion de la Ville de l'institut de Gestion des Techniques Urbaines l'université de M'sila.

Je tiens à remercier les membres du jury :.....  
.....  
.....  
..... pour avoir accepté d'examiner cet ouvrage.

Je tiens à remercier mes chers collègues de travail Tayeb Reguig , Younes Bellali , Djamel Rahab , Mon Manager Hucin BADR et tous l'équipe de la compagnie C.C.C.

Tous mes remerciements à mes amis de l'université ( Rabah Mostapha, Cheikh Okba Konta, Ouled El moulet Ahmed, Yahya touji, Djamel 20, Hamza, Saber , Salah , Kamel , Kadi , Abdelhadi , Mr .Tarek Madjedj.... ) pour leurs précieuses suggestions.

Que toutes les institutions qui ont facilité mes recherches .

***OTHMANIDjamal***

## Résumé

Le Grand Alger est bâtie sur les contreforts des collines du Sahel. Par son positionnement et à l'image des autres métropoles méditerranéennes, il s'inscrit dans un contexte d'instabilité particulièrement cyclogénétique, qui se manifeste en surface terrestre avec des phénomènes d'inondation, de crue et de ruissellement superficiel. Néanmoins, le Grand Alger fait l'exception avec l'ampleur que prennent les dégâts occasionnés par le passage de ce type d'événement. L'événement des 9-10 novembre 2001, qui a affecté la partie ouest du Grand Alger, reflète parfaitement ce propos. Les crues déclenchées par cet événement ont causé des dégâts matériels et des pertes en vie humaine inégalés dans le bassin méditerranéen. Dans ce travail, en employant des outils de traitement classiques et de simulation numérique, on a essayé de comprendre au mieux le comportement de l'hydrosystème dans sa globalité (facteurs météorologiques, hydrogéomorphologiques et anthropiques). On a ensuite hiérarchisé les facteurs prédisposants – déclenchants - aggravants de crue et de ruissellement superficiel dans cette région. Les résultats de l'ensemble des analyses réalisées ont servi à quantifier et cartographier le risque. Au final, on propose de nombreuses mesures d'intervention (combinaison de mesures structurales et non structurales) dans le but de réduire le niveau important du risque actuel.

**Mots clés :** Grand Alger, Massif de Bouzaréah, risque, crue, ruissellement superficiel.

## **Sommaire**

Remerciements.....	I
Résumé .....	III
Sommaire.....	VI
Liste des tableaux .....	VIII
Liste des figures .....	VIII
Introduction générale.....	01
Problématique .....	03
Hypothèse.....	04
Objectif de la recherche .....	04
Méthodologie de travail et Structure de la thèse .....	04
Etat de l'art .....	06

### **Première partie : *Risque d'inondation, comprendre pour mieux gérer***

#### **Chapitre 01 : Généralités**

Introduction .....	08
1.1. Compréhension du risque .....	08
1.2 .Dualité du risque : Aléa, vulnérabilité .....	09
1.3. Connaitre un risque majeur.....	10
1.4. Classification du risque majeur .....	11
1.5. Milieu urbain.....	14
Conclusion .....	14

#### **Chapitre 02 : Paramètres et mécanismes de genèse des crues et du ruissellement superficiel**

2.1. Définition du risque d'inondation:.....	16
2.2. Typologie retenu distingue :.....	17

2.3. Facteurs responsables du ruissellement et des écoulements rapides de crue .....	19
2.4. Ecoulements de crue et régime hydrologique .....	21
2.5. Complexité du fonctionnement hydrologique d'un bassin-versant.....	21
2.6. Particularités de l'hydrologie urbaine.....	22
2.7. Politique de gestion du risque d'inondation : .....	23
2.8. Institutions et Acteurs de gestion des risques en Algérie :.....	25

**Deuxième partie « Vers une évaluation objective de vulnérabilité urbaine face au risque d'inondation ».**

**Chapitre 3. Contexte sociétal du risque hydrométéorologique à Alger**

3. Présentation du cas d'étude .....	28
3.1. Histoire du développement urbain de la ville d'Alger.....	28
3.2. Dynamique de l'occupation du sol dans le Massif de Bouzaréah.....	30
3.3. Cartographie diachronique (1960-2011) de l'occupation du sol, basée sur la photo interprétation et le traitement numérique d'images satellitaires.....	31

**Chapitre 04 Contexte physique du risque hydrométéorologique à Alger : caractérisation et intérêt de l'étude**

4.1. Massif de Bouzaréah .....	37
4.1.1. Contexte géologique local.....	37
4.1.2. Substrat, formations superficielles et dynamiques géomorphologiques ..	38
4.1.3Caractéristiques climatiques.....	39
4.1.4. Conditions hydrologiques .....	43

**Troisième partie : Contribution de la thèse à l'étude du risque hydrométéorologique à Alger**

**Chapitre 05 Analyse systémique du risque hydrométéorologique dans le bassin-versant de l'Oued Koriche: pourquoi un niveau de risque aussi élevé ?**

5.1. Facteurs de prédisposition .....	54
5.1.1. Géologie et formations superficielles.....	54
5.1.2. Physiographie et réseau hydrographique .....	55
5.1.3. Climat .....	56
5.2. Facteurs de déclenchement .....	57
5.3. Facteurs d'aggravation .....	57
5.3.1. Artificialisation du réseau hydrographique .....	57
5.3.2. Système de récupération et d'évacuation des eaux pluviales : collecteur de l'Oued M'Kacel.....	58
5.3.3. Mode d'occupation du sol dans les sous-bassins versants de l'Oued Koriche .....	72
5.3.4. Structure et orientation du réseau routier dans le bassin-versant de l'Oued Koriche .....	90
5.3.5. Insertion de la voie rapide Chevalet-Triolet dans le paysage du bassin-versant de l'Oued Koriche .....	93
Conclusion .....	97

## **Chapitre 06 . Cartographie et gestion du risque de crue et de ruissellement superficiel dans le bassin-versant de l'Oued Koriche**

Introduction .....	101
6.1. Cartographie du risque hydrométéorologique dans le bassin-versant de l'Oued Koriche .....	101
6.1.1. Carte de l'aléa .....	102
6.1.2. Carte de vulnérabilité .....	105
6.1.2. Carte de vulnérabilité .....	105
6.2. Des approches d'interventions raisonnées à l'échelle du bassin-versant...	109
6.2.1 Gestion intégrée du risque .....	109
6.2.1.1. Prévision .....	110
6.2.1.2. Alerte .....	111

6.2.1.3. Anticipation .....	111
6.2.1.4. Gestion de crise .....	112
6.2.1.5. Mitigation .....	113
6.2.1.5. Prévention ... ..	114
6.2.1.6.1. Mesures structurelles .....	115
6.2.1.6.2. Mesures non structurelles .....	115
Conclusions .....	116
<b>Conclusion général .....</b>	<b>119</b>
Références Bibliothèques .....	122

## Liste des Tableaux

Tableau 3.1.	Surfaces couvertes par chaque type d'occupation du sol dans le Massif de Bouzaréah en 1960	33
Tableau 3.2	. Surfaces couvertes par chaque typ d'occupation du sol dans le Massif de Bouzaréah en 1986.	34
Tableau 3.3	Surfaces couvertes par chaque type d'occupation du sol dans le Massif de Bouzaréah en 2011.	36
Tableau 4.1	. Les cumuls pluviométriques journaliers correspondant aux différentes périodes de retour (données ONM).	43
Tableau 4.2	. Superficie et périmètre des différentes sous-unités hydrologiques contributrices du Massif de Bouzaréah	43
Tableau 6.1.	Hiérarchisation des différents niveaux du risque déduits par le croisement des classes de l'aléa et celles de la vulnérabilité	106

## Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 1.01	les combinaisons du risque	8
Figure 1.02	Courbe d'iso risque	9
Figure 1.03	exemples d'Aléas naturels	9
Figure1. 04	Inondation Ghardaïa	10
Figure 1.05	Risque d'inondation	11
Figure1. 06	le cyclone de Katrina 2005	11
Figure 1.07	Séisme d'Haïti 2010	12
Figure 1.08	Glissement du terrain au Québec	12
Figure 1.09	Explosion dans une raffinerie de pétrole Bangkok	13
Figure1. 10	Accident nucléaire de Fukushima,2011	13
Figure 2.01	Figure 11: crue lente	17
Figure 2.02	crue très rapide	17
Figure2.03	crue par ruissellement urbain	18
Figure 2.04	lit mineur et lit majeur	18
Fig. 2.05.	Processus de génération des écoulements par dépassement de la capacité d'infiltration et sur surface saturée	19
Fig. 2.06	Mécanismes à l'origine de la genèse des crues.	20
Fig. 2.07.	Influence de la ville sur le cycle de l'eau	23

Fig. 3.1.	Carte de l'occupation du sol dans le Massif de Bouzaréah en 1960.	32
Fig. 3.2	Carte de l'occupation du sol dans le Massif de Bouzaréah en 1986.	34
Fig. 3.3.	Carte de l'occupation du sol dans le Massif de Bouzaréah le 10 août 2011	35
Fig. 3.4	Evolution de l'occupation du sol du Massif de Bouzaréah entre 1960 et 2011.	36
Fig. 4.1.	Unités hydrologiques contributives du Massif de Bouzaréah.	38
Fig. 4.2.	Structure du Massif de Bouzaréah (Saadallah, 1975).	39
Fig. 4.3.	Localisation des stations météorologiques du Grand Alger et dans le bassin-versant de l'Oued Koriche (fond d'image Google Earth).	40
Fig. 4.4	. Variation interannuelle des pluies entre 1891 et 2001 (données lacunaires 1901-1907, 1972, 1974-1976, 1978, 1985-1986, 1989-1991).	41
Fig. 4.5.	Variations des totaux inter- et intra-mensuels des mois d'octobre, novembre et décembre.	41
Fig. 4.6.	Date et valeur des cumuls pluviométriques en 24 h supérieurs à 80 mm à la station de Bouzaréah (1908-2007 ; données ANRH).	42
Fig. 4.7.	Carte des pentes dans le bassin-versant de l'Oued Koriche.	46
Fig. 4.8.	Carte des pentes dans le bassin-versant de Beni Messous.	46
Fig. 4.9.	Carte des pentes des sous-bassins versants côtiers.	47
Fig. 4.10.	Réseau hydrographique théorique du Massif de Bouzaréah.	48
Fig. 4.11	. Classification descriptive du réseau hydrographique proposée par Howard (1967) : A) types de base de réseaux hydrographiques ; B) types modifiés de réseaux hydrographiques.	49
Fig. 4.12	. Hiérarchisation de réseau hydrographique dans les bassins versants de l'Oued Koriche, de Beni Messous et côtiers selon les lois de Strahler.	50
Fig. 5.1.	Etat actuel du réseau hydrographique.	58
Fig. 5.2.	Collecteur de l'Oued M'Kacel et l'emplacement des ouvrages de raccordement.	59
Fig. 5.3.	Etat de l'ouvrage Baranes.	60

Fig. 5.4.	Canal à ciel ouvert situé en amont de l'ouvrage hydraulique de réception.	61
Fig. 5.5.	Sidi Medjber : (A) Ouvrage de réception ; (B) Canal à ciel ouvert.	61
Fig. 5.6.	Ouvrage hydraulique de réception de Frais Vallon	63
Fig. 5.7.	Ouvrage hydraulique de réception de Scotto Nadal.	64
Fig. 5.8.	Ouvrage hydraulique de réception Jaubert.	65
Fig. 5.9.	Canal à ciel ouvert connecté en amont à l'ouvrage de réception Jaubert.	65
Fig. 5.10.	Collecteur à ciel ouvert. A : en aval de l'ouvrage Jaubert ; B : le long de la route qui traverse le quartier ; C : Encombrements et embâcles formés par différents matériaux.	67
Fig. 5.11.	Ouvrage hydraulique Chemin du Fort.	67
Fig. 5.12.	Issu du collecteur de l'Oued M'Kacel.	68
Fig. 5.13.	Travaux de curages à l'intérieur du collecteur Oued M'Kacel.	68
Fig. 5.14.	Dédoublement du collecteur de l'Oued M'Kacel.	70
Fig. 5.15. A et B	: Puits de raccordement à Frais Vallon ; C : Point de rejet en mer.	71
Fig. 5.16.	Occupation du sol dans le sous-bassin de Baranès.	73
Fig. 5.17.	Clichés illustrant les pratiques anthropiques en amont du sous-bassin-versant de Baranes.	75
Fig. 5.18.	Décharges sauvages.	76
Fig. 5.19.	Paysage autour de l'ouvrage hydraulique.	77
Fig. 5.20.	Clichés pris sur la rive gauche du sous-bassin-versant de Sidi Medjber.	77
Fig. 5.21.	Occupation du sol dans le sous-bassin-versant de Sidi Medjber.	78
Fig. 5.22.	Occupation du sol dans le sous-bassin de Frais Vallon.	80
Fig. 5.23.	Sous-bassin-versant de Frais Vallon (A). Image de Google Earth prise le 10 août 2011 (B). Vue d'ensemble sur la partie aval du sous-bassin (C). Une école primaire localisée à la sortie du bassin (en aval immédiat de l'exutoire du bassin-versant).	81
Fig. 5.24.	Occupation du sol dans le sous-bassin de Scotto Nadal.	82
Fig. 5.25.	Sous-bassin-versant de Scotto Nadal (A). Entrée amont de l'ouvrage hydraulique (B). Paysage en aval de l'ouvrage.	84
Fig. 5.26.	Occupation du sol dans les sous-bassins versants du Chemin du Fort et de Jaubert.	85
Fig. 5.27.	Sous-bassin du Chemin du Fort (A). Chemin piéton (B).	87

	Système de gabionnage installé sur les berges (C). Décharge sauvage sur les versants.	
Fig. 7.28.	Dégradation du système de gabionnage.	88
Fig. 5.29.	Placette installée à la place de l'ancien marché couvert de Bab-el-Oued (A). Image de Google Earth prise le 10 août 2011 (B). Clichés de la placette.	90
Fig. 5.30.	Réseau routier dans le bassin-versant de l'Oued Koriche.	91
Fig. 5.31.	Carte d'occupation du sol du bassin-versant de l'Oued Koriche en 2011.	93
Fig. 5.32	. Environnement urbain autour de la voie rapide Chevalet-Triolet (A). Partie amont. (B). Bassin moyen. (C). Partie aval.	94
Fig. 5.33.	Système d'évacuation des ruissellements de surface à partir de la voie rapide Chevalet-Triolet (A). Les avaloirs (B). Le canal à ciel ouvert.	95
Fig. 5.34.	Comportement des eaux pluviales au niveau de la voie rapide (A) et du réseau routier secondaire (B).	96
Fig. 6.1.	Intensité du débordement du collecteur de l'Oued M'Kacel dans le cas d'une crue de récurrence septennale (modifiée selon BRGM – ILS).	103
Fig.6.2.	Carte de l'aléa hydrométéorologique dans le bassin-versant de l'Oued Koriche.	104
Fig. 6.3.	Carte de vulnérabilité versus risques hydrométéorologique dans le bassin-versant de l'Oued Koriche.	105
Fig. 6.4.	Carte du risque hydrométéorologique dans le bassin versant de l'Oued Koriche.	107
Fig. 6.6.	Configuration des mesures radiométriques et météorologiques diffusées en temps réel par CDER.	111

### I. Introduction générale

Les crues et les inondations sont considérées comme les formes de risque naturel les plus répandues et les plus dévastateurs dans le Monde. Le bassin méditerranéen n'échappe pas à cette règle : les inondations représentent 35 % de l'ensemble des catastrophes naturelles qui ont frappé son pourtour ces deux dernières décennies. Selon les données publiées par l'EMDAT, on compte un total de 210 événements hydrométéorologique intenses, qui ont provoqué plus de 4250 morts et d'immenses dégâts matériels s'élevant à 25 milliards d'euros. Le bassin Méditerranéen abrite les formes les plus dangereuses de risque hydrométéorologique. Un risque qui dérive d'une combinaison d'un haut niveau d'aléa (météorologique, hydrologique, conditions physiographiques) et une forte vulnérabilité. Selon l'orographie, les modes d'utilisation du sol (urbain, industriel, agricole) et l'endroit où on se place dans le bassin Méditerranéen (rive nord, rive sud), les impacts (pertes en vie humaine, dégâts matériels, effets socio-économiques) de cet aléa se manifestent d'une manière très différentes.

Dans un pays en voie de développement comme l'Algérie, qui a été confrontée aux effets néfastes des inondations ; cette dernière, ont marqué comme l'une des catastrophes naturelles les plus nombreuses dont plusieurs étaient dévastatrices, les plus récentes sont :

Inondations d'Octobre 2008 (Ghardaïa) : plus de 40 morts et des dégâts matériels très lourds.

Inondations du 10-11 novembre 2001 (Bab El -Oued en Alger) : 733 décès et 3000 sans abri ;

Inondations d'Octobre 2000 (ouest algérien) : plus de 24 décès ;

Inondations du 24 Octobre 2000 (Sidi Bel Abbès) : 02 décès et d'importants dégâts matériels ;

Inondations d'Octobre 1994 (plusieurs régions de pays) : 60 décès et des dizaines de blessés pendant 10 jours ;

Inondations d'Octobre 1993 (Oued R'hiou, wilaya de Ghilizane) : 22 décès et 14 Blessés.

Faire face au risque d'inondation qui doit aujourd'hui l'un des principaux défis de tout développement. Nous assistons à désormais à une prise de conscience remarquable à ce sujet de la part de tous les acteurs de la ville. Dans la même optique, tous les spécialistes s'accordent à dire que la maîtrise et la gestion de ce risque doit impérativement passer par l'évaluation objective de la vulnérabilité urbaine face au ce risque.

Dans cette note , « la partie ouest de la région du Grand Alger, qui occupe un massif appelé Massif de Bouzaréah , par sa situation au bord de la Méditerranée, le massif s'inscrit dans un climat cyclogénétique, connu pour ces événements météorologiques brutaux de forte intensité et de courte durée. Ce dernier est constitué d'un socle métamorphique relativement imperméable, favorisant ainsi la génération d'écoulements de type hortonien ». (Benseddik et Djabri, 2003).

L'orographie quant à elle est très favorable à la formation des crues et des écoulements surfaciques rapides dans certaines unités hydrographiques (sous-bassins versants Côtiers, bassin-versant de l'Oued Koriche). Les caractéristiques météorologiques et physiographiques, telles que décrites ci-dessus, présentent un contexte favorable à la génération de réponses hydrologiques efficaces, caractérisées par des courts temps de réponse (inférieurs à 1 h) et de forts débits de pointe 730 m<sup>3</sup>/s en 2001 ; (Behlouli, 2001).

## I.2. Problématique :

Le développement durable ; qui est par la déclaration Brundtland 1987 : «*Un développement qui répond aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs*», a pour objectif de prendre en compte ses trois (03) piliers (Environnement, Social , Economie ) de façon simultanée à fin de les protéger contre tout risque doit les menacer

Le risque naturel, notamment les inondations sont représentées comme les principaux champs de réflexion à l'étude. En effet ; les inondations s'inscrivent aujourd'hui d'une façon fréquente qui se manifestent d'une manière catastrophique constituant ainsi une contrainte pour les activités humaines et handicapent toutes les opérations de développement (économique, sociale, ...) et provoquent des dégâts immenses. Ils représentent la source de catastrophes naturelles la plus fréquente dans le monde ; *ainsi aux Etats Unis, les dommages liés aux tempêtes et crues représentent un cout annuel de l'ordre de 10 milliards de dollars. Aussi en Europe et au cours de la période 1980-2002, les inondations ont essentiellement touchées la France (22%), l'Italie (17%) et la Grande-Bretagne (12%). En conséquence, le nombre de morts provoqués par ce risque concerne l'Italie (30%), puis l'Espagne (20%) et la France (17%). Les pertes économiques les plus importantes ont été enregistrées en Allemagne et en Italie (11 Milliards d'euros pour ces deux pays), suivis par l'Espagne et la Grande Bretagne (6 Milliards d'euros à eux deux) ».*

Dans ce contexte très complexe, le risque d'inondation est perçu à l'échelle mondiale, et l'Algérie n'en est donc pas exclue, elle est l'une des pays de monde qui a été confrontée aux effets néfastes des inondations a travers des nombreuses villes.

En Algérie, le risque hydrométéorologique reste méconnu sur l'ensemble du territoire algérien, aucun plan de prévention n'ayant été établi. Concernant cette problématique, tout reste à faire : identification, analyse et gestion des zones à risque.

Au cours de ce travail, on a fait le choix d'étudier en particulier les phénomènes de crue et de ruissellement superficiel déclenchés par des événements météorologiques à caractère intense, dans l'ouest du grand Alger (Massif de Bouzaréah). Pour parvenir à cela, notre champ d'investigation sera limité aux questionnements suivants :

- Quels sont les éléments qui rendent favorable l'évaluation de la vulnérabilité urbaine et notamment le risque d'inondation ?
- Quelles sont les pistes d'action possible pour maîtriser ce phénomène catastrophique ?

### **I.2 Hypothèse :**

1. Définir des paramètres d'évaluation du risque d'inondation peut aider à le comprendre et le gérer.
2. La forme urbaine participe de façon directe sur la gestion des risques.

### **I.3 Objectif de la recherche :**

Notre objectif principal est de réaliser une étude bibliographique sur la vulnérabilité urbaine face au risque d'inondation par la fourniture d'une carte vulnérabilité à fin de déterminer les zones à risque dans le périmètre d'intervention.

### **I.4 Méthodologie de travail et Structure de la thèse:**

Vu l'importance et l'étendu pluridisciplinaire de notre recherche sur la vulnérabilité urbaine face au risque d'inondation, ainsi que la liaison entre le

risque d'inondation et la notion de développement durable, on procédé à une hiérarchisation méthodologique des différentes phases de notre recherche.

La première phase, qui est une étape préparatoire, a été déterminante, pour cibler nos objectifs et cristalliser la problématique à traiter. Ensuite on a constitué une base bibliographique, de diverses natures / ouvrages, articles, rapports ..., qu'on a jugés utiles pour cerner les différents aspects de notre étude.

La deuxième phase, consiste à fonder une recherche divisée en trois parties complémentaires ;

La première «théorique» intitulée : «Risque d'inondation, comprendre pour mieux gérer», cette partie s'articule autour de deux chapitres servant de soubassement théorique pour traiter des concepts clés découlant de la problématique à savoir la dualité du risque constituée des concepts suivants : «Alea», «Vulnérabilité»

La deuxième partie intitulée : Les acquis sur le risque hydrométéorologique à Alger. Cette partie est également subdivisée en deux chapitres.

Chapitre 3. Contexte sociétal du risque hydrométéorologique à Alger : la première partie du chapitre 3 restitue l'histoire du développement urbain (architectural et législatif) de la ville d'Alger. La deuxième partie et *via* un travail de photo-interprétation et de traitement numérique d'images satellitaires, la dynamique de l'occupation du sol entre 1960 et 2011 est reproduite et présentée sous forme cartographique (1960, 1986 et 2011).

Chapitre 4. Contexte physique du risque hydrométéorologique à Alger : caractérisation et intérêt de l'étude. Ce chapitre analyse les caractéristiques structurales et climatiques à l'échelle du Massif de Bouzaréah.

La troisième partie intitulée : contribution de la thèse à l'étude du risque hydrométéorologique à Alger.

Chapitre 5. Analyse systémique du risque hydrométéorologique dans le bassin-versant de l'Oued Koriche : dans ce chapitre et grâce à une analyse systémique, les facteurs de prédisposition, de déclenchement et d'aggravation des crues et de ruissellements superficiels sont identifiés et hiérarchisés. Le chapitre a permis d'effectuer, en plus, une synthèse des différentes analyses et traitements réalisés dans les chapitres précédents.

Chapitre 6. Cartographie et gestion du risque des crues et de ruissellements superficiels dans le bassin-versant de l'Oued Koriche. La première partie du chapitre présente une démarche vers une cartographie du risque hydrométéorologique dans le bassin-versant de l'Oued Koriche. La deuxième partie termine sur une approche tournée vers une gestion intégrée et préventive du risque à l'échelle du bassin-versant voire du sous-bassin-versant.

En fin, on a fini cette partie par des recommandations a fin de gérer le risque d'inondation et stabiliser à court terme, et réduire a moyen terme le cout des dommages liés à l'inondation

Pour finir, il est important de mentionner que c'est la complexité du sujet de la vulnérabilité urbaine et le risque d'inondation dans la ville d'Alger qui a connu a long de son histoire des inondations, qui nous a dictée cette approche composée pour l'étudier.

### **I.5 Etat de l'art :**

Dresser un état de l'art sur la thématique de notre recherche nous aidera sans doute à vérifier l'originalité de notre problématique et à tester l'exploitabilité de son cadre méthodologique relatif à l'évaluation de la Vulnérabilité urbaine face aux risques d'inondation. Á ce propos, il convient de

souligner que la difficulté majeure de cette démarche qui consiste à rassembler le maximum d'informations ayant trait au thème traité, réside dans le compromis à trouver entre l'exhaustivité nécessaire à l'état de l'art et le nombre limité de publications scientifiques qu'il est possible de consulter dans un délai relativement court, nous pouvons citer:

- En 2011, BACHI Mohamed a traité , dans le cadre de leur étude de post – graduation, « problématique du risque inondation en milieu urbain cas de Sidi bel Abbes» .Ce travail de recherche a rendu compte d'une synthèse bibliographique sur la cartographie de l'aléa inondation par approche de modélisation hydraulique, ainsi d'exposer les capacités des outils informatiques dans la cartographie des résultats présentant ainsi un outil très ambitieux à la portée des décideurs pour définir les niveaux de protection à apprendre et les améliorations à apporter aux aménagements existants.

- En 2008, FERNINI-HAFFIF Assia a tenté une évaluation méthodologique de la Vulnérabilité urbaine face aux risques majeurs naturels, simulée partiellement sur un quartier témoin algérois. cette recherche a amorcée une réflexion pertinente sur les modes d'évaluation d'un concept méconnu en Algérie qu'est la vulnérabilité urbaine.

- Dans ce contexte de l'évaluation de la Vulnérabilité urbaine , on peut aussi citer le travail de HARKAT Naim qui a traité à travers sa recherche «Vulnérabilité de la ville de Sétif face au risque environnemental cas de la zone industrielle » la problématique de la vulnérabilité urbaine et bien éclairer cette notion ainsi que de proposer des orientations et des pistes pour les recherches futures. Se prêter à une exercice méthodologique en se familiarisant avec des méthodes de modélisation et spatialisation des risques , étayées par l'outil de cartographique.

## 1.Introduction

Ce premier chapitre est consacré à la définition des concepts clés intervenant dans la problématique des risques hydrométéorologiques. Dans un premier temps, les concepts vont être définis dans un contexte général puis étoffés dans un second temps pour permettre de dresser le cadre terminologique précis, en spécifiant les aspects de la problématique qui vont être pris en charge au sein de ce travail.

### 1.1. Compréhension du risque :

Le risque est la possibilité de survenance d'un évènement susceptible de porter atteinte à l'équilibre naturel. Le risque résulte de la conjonction d'un Aléa et des enjeux en présence « *Le Risque est le résultat de la combinaison d'un aléa et d'éléments vulnérables* ». (BACHI .M(2011), P 05)

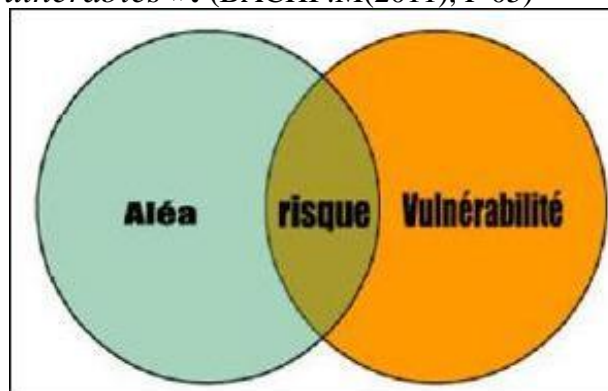


Fig1.01 : les combinaisons du risque (Source : l'étudiant)

La plus part des experts définissent le risque comme:

$$\text{Risque} = \text{Aléa} * \text{Vulnérabilité}$$

Alors que d'après cette formule un même risque peut être le produit d'un Aléa fort avec une vulnérabilité faible, d'un Aléa faible et une vulnérabilité forte.

Il est donc préférable de définir le risque d'une façon plus générale :

$$\text{Risque} = F (\text{Aléa} * \text{Vulnérabilité})$$

F est une relation qui dépend de problème analysé

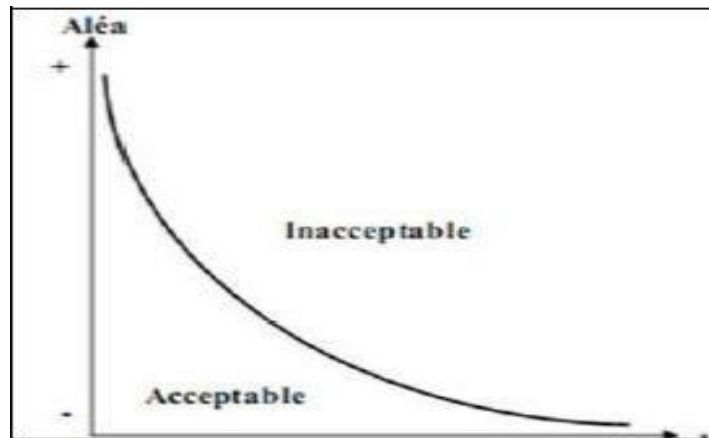


Fig1.02 : Courbe d'iso risque (Source : BACHLM, 2011)

## 1.2 .Dualité du risque : Aléa, vulnérabilité

### 1.2.1. Concept "Aléa" :

On appelle Aléa, la possibilité de l'apparition d'un phénomène ou un événement résultant de facteur ou processus qui échappent au moins en partie à l'homme, « Il est défini par une probabilité qui prend en compte l'occurrence et l'intensité du phénomène considéré et qui est fonction de la durée et de l'espace considérés » . (DAUPHINÉ. A 2001 P288)

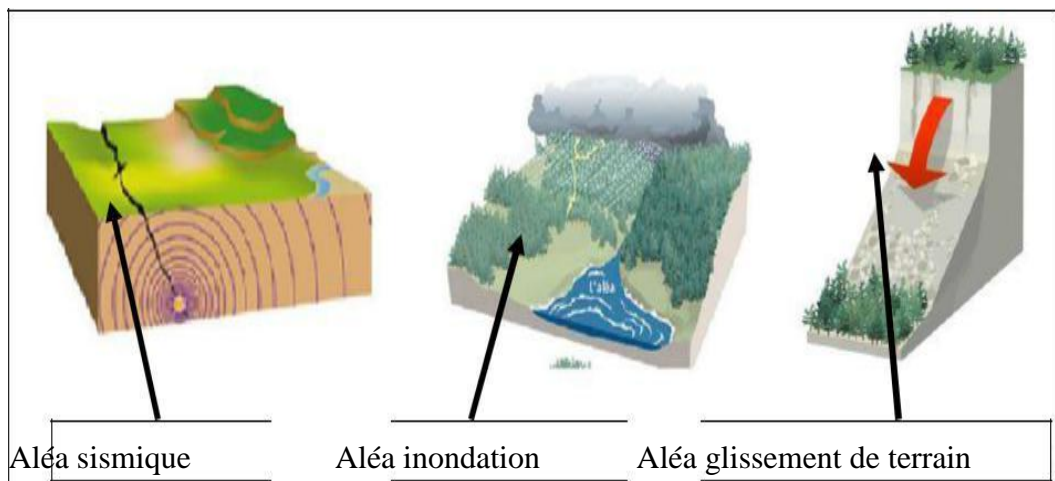


Fig1.03 : exemples d'Aléas naturels (Source : www.prim.net, consulté le 12 /03/2017)

### 1.2.2. Concept "vulnérabilité" :

On appelle vulnérabilité les personnes, bien équipements et ou environnement susceptibles de subir des conséquences de l'événement ou le phéno-

mène. «*Étroitement liée à la notion de risque, puisque la blessure n'est pas avérée mais potentielle*» (HARKAT. N , 2012 P17)

Donc on peut définir la vulnérabilité comme un degré de fragilité d'une société (un système) face a un risque «*la fragilité d'un système dans son ensemble et de manière indirecte, sa capacité à surmonter la crise provoquée par un aléa. Plus un système est apte à se rétablir après une catastrophe, c'est-à-dire plus il est résilient, moins il est vulnérable* » (REVET. S, (2007), P 55.) ; elle doit être étudiée spatialement et temporellement. En effet, dans un espace donné, la Vulnérabilité varie à la fois selon la situation exacte et selon la période retenue (époque de l'année pour certain phénomènes, mais également période de la journée avec une répartition différente de la population sur le territoire).

**L'accident :** Une inondation a Ghardaïa Octobre 2008.

**Dégât:** 74 familles sinistrées provoque plus de 40 morts et des dégâts matériels et économique lourds.



Fig1.04 : Inondation Ghardaïa , Octobre 2008 Source : Algerie presse service,consulté le 10/03/2017

### 1.3. Connaitre un risque majeur :

Le risque majeur se définit comme la survenue soudaine et quelquefois imprévue d'un événement d'origine naturelle ou technologique pouvant entraîner de graves conséquences sur les enjeux humains, matériels et/ou environnementaux. « *La définition que je donne du risque majeur, c'est le menace sur l'homme et son environnement direct, sur ses installations, la menace dont la*

*gravité est telle que la société se trouve absolument dépassée par l'immensité du désastre* » . ( XAVIER .L et JEAN.P2004, P 13)

#### **1.4. Classification du risque majeur :**

On peut classer un risque majeur en deux types :

##### **1.4.1. Risques naturels :**

Les risques naturels s'inscrivent aujourd'hui d'une façon fréquente à travers tous le globe terrestre menaçant en permanence l'existence humaine et provoquant des dégâts immenses, ce qui handicape toutes les opérations de développement, ils découlent de phénomènes écologiques ou climatiques, ont pour origine :

##### **1.4.1.1. Hydrométéorologique :**

Un événement ou phénomène hydrométéorologique pouvant potentiellement créer des dommages ; cela pourrait être des événements qui ont un début et une fin identifiable, telle qu'une tempête, inondation, cyclone, sécheresse, ainsi que des changements plus permanents, tel que changement d'un état climatique à l'autre.



**Fig1.05: Risque d'inondation**

Source : Guide interactif de la gestion des risques liés à l'environnement, consulté le 10/03/2017



**Figure 06 : le cyclone de Katrina 2005**

Source : Christophe Olry, Futura-Sciences,206; consulté le 10/03/2017

##### **1.4.1.2. Géophysique :**

Les risques d'origine géophysiques concernent les phénomènes qui sont liés aux caractéristiques physiques et atmosphériques de la terre. Ils incluent

les tremblements la terre, les éruptions volcaniques, et les avalanche.



**Fig 1.07 : Séisme d'Haïti 2010 Source : les catastrophes naturelles et les limites de l'intervention humaine, consulté le 10/03/2017**

#### 1.4.1.3. Géomorphologique :

Les risques naturels d'origine géomorphologique indique les phénomènes liés à la morphologie de globe terrestre.



**Fig1. 08 : Glissement du terrain au Québec Source : David Boily, 2010 , consulté le 10/03/2017**

#### 1.4.2. Risque technologique :

Un risque technologique c'est tout risque d'origine anthropique, lié à l'homme et des activités, ils sont associés à la prévention des pollutions et des risques sanitaires, «*Un risque technologique majeur est un événement accidentel se produisant sur un site industriel et entraînant des conséquences immédiates graves pour le personnel, les populations avoisinantes, les biens ou l'environnement.* » (XAVIER .L et JEAN.P2004, P 53.)

### 1.4.2.1. Risque industriels :

«Le risque industriel est soit chronique, soit accidentel. Les risques chroniques. Ces risques concernent un grand nombre d'activités industrielles, le plus souvent liées à la manipulation (fabrication, emploi, stockage) de substances dangereuses ou explosives, raffineries, site pétrochimiques, usines chimiques, dépôt pétroliers, dépôt d'explosifs par exemple, mais également de produits agricoles»  
(<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Risques-technologiques,12992.html>)



Fig 1.09 : Explosion dans une raffinerie de pétrole Bangkok Source : Pattaya Thaïlande, consulter le 10/05/2016

### 1.4.2.2. Risque nucléaire :

Il s'agit d'un incident ou d'un accident pouvant conduire à un rejet d'éléments radioactifs à l'extérieur des conteneurs et enceintes prévus à cet effet. Les effets radiologiques résultent du rejet dans l'environnement de particules radioactives à des concentrations telles qu'elles sont susceptibles d'entraîner des effets sur la santé par inhalation, ingestion, ou contact cutané. Les effets peuvent être immédiats en cas d'irradiation aiguë (lésions cutanée ou des organes) ou différés en cas d'irradiation chronique.



Fig 1.10 : Accident nucléaire de Fukushima,2011 .Source : L'énergie nucléaire, consulté le 10/05/2016

## 1.5. Milieu urbain

Le milieu urbain s'oppose au milieu rural. Il s'agit d'un espace construit, artificialisé c'est-à-dire doté de nombreuses infrastructures et concentrant une importante densité de populations au km<sup>2</sup>. Le phénomène urbain est très ancien et remonte à l'antiquité. La vallée de l'Indus, la vallée du Nil et la Mésopotamie étaient déjà urbanisées en 4 000 BC (Fombe L. and Balgah S. N, 2012 p215) A partir du 19<sup>ème</sup> siècle, le phénomène d'urbanisation connaît une accélération sans précédente qui se poursuit jusqu'aujourd'hui. On le mesure facilement par la proportion de la population mondiale vivant en milieu urbain au détriment de la campagne.

Au rang des causes de l'urbanisation deux facteurs sont déterminants :

- Les migrations. Il s'agit des mouvements des populations qui se déplacent prioritairement vers les milieux urbains. On a par exemple le déferlement massif des populations rurales dans les villes connu sous le nom d'exode rural.
- La croissance naturelle. Avec les progrès réalisés dans le domaine de la médecine, la différence entre le taux de natalité et le taux de mortalité est de plus en plus élevé.

La concentration des populations dans les milieux urbains appelle à la nécessité de certaines infrastructures afin de satisfaire les besoins des uns et des autres.

### Conclusion

Une démarche d'analyse et de gestion du risque est très complexe et ramifiée : il s'agit d'un travail pluridisciplinaire qui fait appel aux sciences de la Terre et de la vie, aux sciences sociales et humaines. Ce travail va porter préférentiellement sur l'une des formes de risque la plus répandue dans le bassin méditerranéen à savoir les crues et les ruissellements superficiels, de caractère rapide, déclenchés par des configurations orageuses convectives de forte intensité et d'extension spatiale réduite<sup>4</sup> et observés sur l'une des métropoles<sup>5</sup> du bassin méditerranéen.

## Introduction

L'ensemble des eaux de pluie qui ne s'évaporent pas finit par rejoindre la surface du bassin-versant. Selon le microclimat, l'intensité et la distribution spatio-temporelle de l'événement météorologique, l'état d'humectation initial des sols et les caractéristiques texturales et structurales des formations superficielles, plusieurs cheminements de l'eau (*hydrological pathways*) peuvent être observés au sein d'un bassin versant. On citera quelques cheminements possibles de l'eau

-L'eau s'évapore rapidement et ne demeure que momentanément dans le sol.

-L'eau rejoint directement le cours d'eau et s'écoule jusqu'à l'exutoire du bassin-versant. Cette partie des pluies alimente directement le débit des cours d'eau.

-L'eau qui s'infiltré dans la tranche de subsurface est en grande partie utilisée par la végétation. Elle forme une sorte de nappe perchée temporaire et contribue en grande partie à la saturation des couches superficielles.

-L'eau s'infiltré plus en profondeur pour rejoindre les nappes souterraines. Une partie des eaux des nappes phréatiques réapparaît plus tard en surface et alimente le débit des cours d'eau.

- Une autre partie des eaux de pluie forme les écoulements superficiels appelés ruissellement de surface.

Dans le cadre de cette étude, on va détailler deux phénomènes hydrologiques, à savoir

1) l'écoulement rapide de crue (ERC) et sa circulation au sein du réseau hydrographique et

2) le ruissellement de surface et sa circulation de l'eau en surface et en dehors du réseau hydrographique (un ruissellement peut être connecté ou pas à un drain permanent : selon les cas, il peut donc ou pas participer aux écoulements de crue). Ce choix s'explique du fait de la prédominance dans la zone d'étude de phénomènes d'écoulement rapide de crue et de ruissellement de surface lorsqu'un événement hydrométéorologique de forte intensité affecte une zone urbanisée, tandis que les écoulements subsurface et la participation des nappes souterraines dans les débits de cours d'eau sont négligeables dans ce genre d'événement. Le territoire d'une grande majorité de bassins versants urbanisés dispose de parcelles naturelles (bois, les jardins, des espaces verts, ...) où des parties de réseau hydrographique naturel existent encore. De ce fait, l'étude de la réponse hydrologique d'un bassin-versant urbanisé exige à la fois une maîtrise des techniques d'analyse de la réponse hydrologique à la fois en milieu naturel et en milieu urbanisé.

### **2.1. Définition du risque d'inondation:**

L'inondation est l'un des risques majeurs naturels présentés par une submersion, plus au moins rapide, d'une zone habituellement hors d'eau, pouvant être habitée, avec des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement variables. *«L'inondation est une submersion (rapide ou lente) d'une zone pouvant être habitée. Elle correspond au débordement Des eaux lors d'une crue. Une crue correspond à l'augmentation du débit d'un cours d'eau, dépassant plusieurs fois le débit moyen ; elle se traduit par une augmentation de la hauteur d'eau »* (XAVIER .L et JEAN.P, Paris 2004, P 27)

En effet ; le risque d'inondation est le résultat du croisement de Deux facteurs: l'alea présenté par la probabilité d'occurrence du phénomène d'inondation et son intensité, ainsi par la vulnérabilité à l'inondation définie par les conséquences prévisibles de la crue sur les personnes et leurs biens. L'intensité d'inondation Exprime principalement pour un endroit donné, par la hauteur et la durée de submersion ainsi que la vitesse du courant.

## 2.2. Typologie retenu distingue :

### 2.2.1. Les inondations de plaine :

Les inondations de plaine se produisent à la suite d'épisodes pluvieux. Le cours d'eau sort lentement de son lit ordinaire pour occuper son lit majeur et inonder la plaine pendant une période relativement longue « *le cours d'eau sort de son lit mineur pour occuper le lit majeur* ». (XAVIER .L et JEAN.P, 2004, P 28)

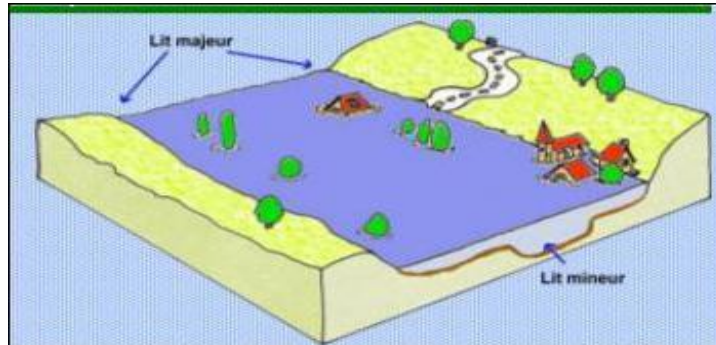


Fig 2.1: crue lente Source : [www.mementodumaire.net](http://www.mementodumaire.net) , consulté le 10/03/2017

### 2.2.2. Les crues torrentielles :

Ces crues touchent principalement les zones de montagne et les cours d'eau du pourtour méditerranéen, elles ont des vitesses d'écoulement. « *Ce phénomène se rencontre dans les zones montagneuses, mais aussi sur des rivières alimentées par des pluies de grande intensité* » (Idem)

Les crues torrentielles se caractérisent par un très fort transport solide et une profonde modification du lit à l'occasion de l'événement

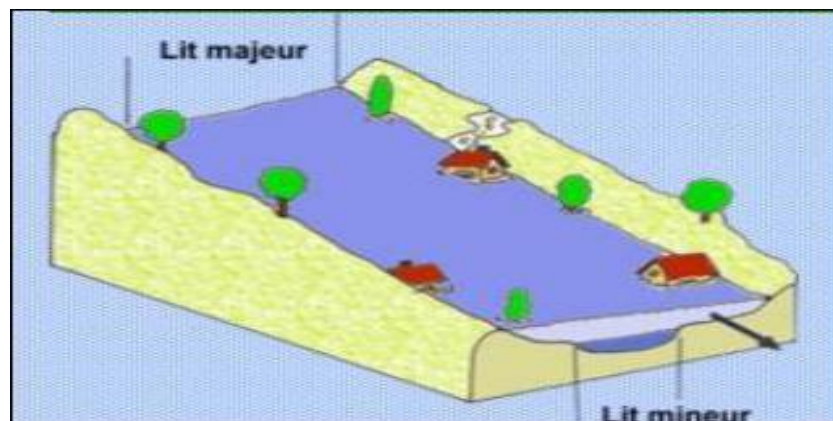


Fig2.02: crue très rapide Source : [www.mementodumaire.net](http://www.mementodumaire.net), consulté le 10/03/2017

### 2.2.3. Les inondations par ruissellement :

Le ruissellement pluvial urbain provoque d'importantes inondations lorsque les terrains sont plus imperméables, le tapis végétal plus faible, la pente plus forte et les précipitations plus violentes et il demeure un phénomène naturel que l'on ne peut pas empêcher.

Malheureusement, l'intervention humaine est parfois source d'aggravation de ce phénomène.

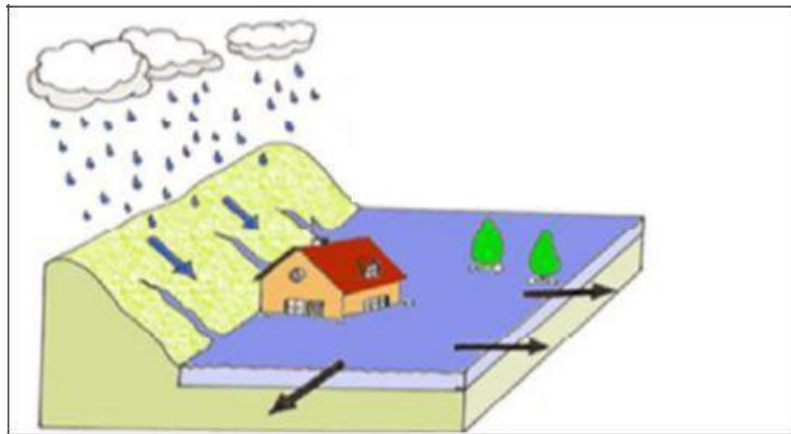


Fig 2.3 : crue par ruissellement urbain .Source : [www.mementodumaire.net](http://www.mementodumaire.net), consulté le 10/03/2017

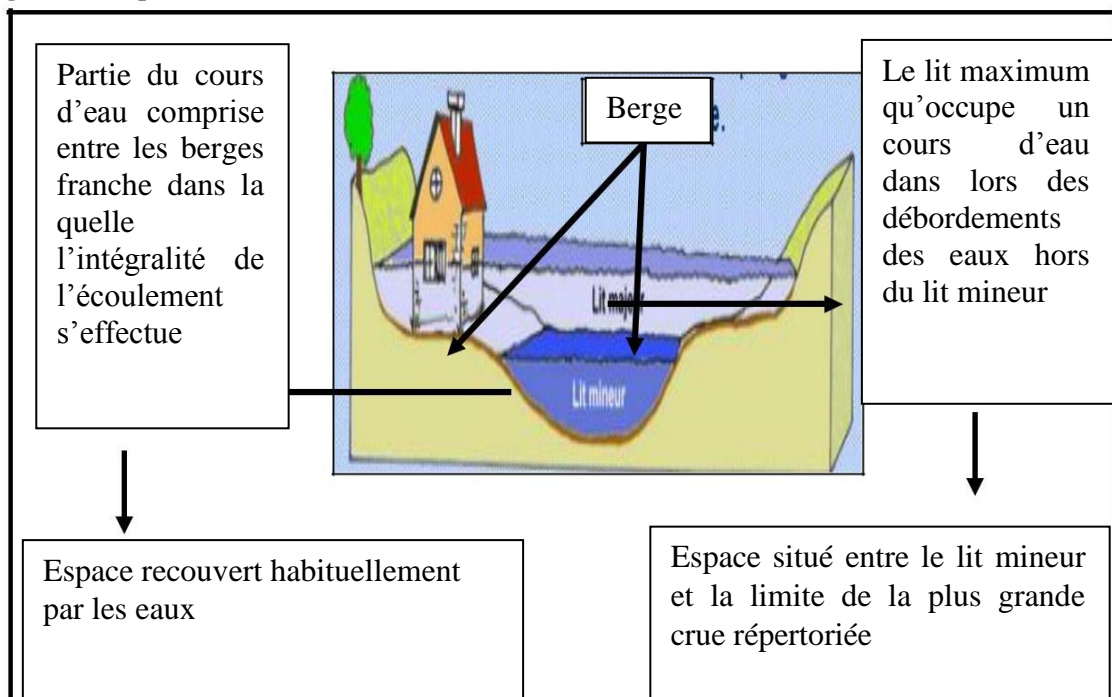


Fig 2.4: lit mineur et lit majeur .Source : l'étudiant

## 2.3. Facteurs responsables du ruissellement et des écoulements rapides de crue

### 2.3.1. Facteurs du ruissellement

Le ruissellement correspond à toute circulation de l'eau à la surface d'une topographie (naturelle ou anthropique). Le ruissellement est assuré naturellement par l'effet de la gravité en suivant la pente du terrain, sachant que l'épaisseur de la lame d'eau doit être suffisante pour que les forces de gravité compensent les tensions de surface (Yen, 1986). Les mécanismes de ruissellement dépendent de la viscosité et de l'épaisseur de la lame d'eau, des tensions superficielles et de la rugosité de la surface topographique. Il existe plusieurs classifications possibles des types de ruissellement (fig. 2.5). La classification anglo-saxonne privilégie les deux grands mécanismes intervenant dans leur génération : le ruissellement par dépassement du seuil d'infiltration (*excess infiltration overland flow*) et le ruissellement par dépassement du seuil de saturation (*excess saturation overland flow*) ; cette classification a été adoptée par plusieurs auteurs francophones (Cossandey *et al.*, 2000 ; Bigot *et al.*, 2004).

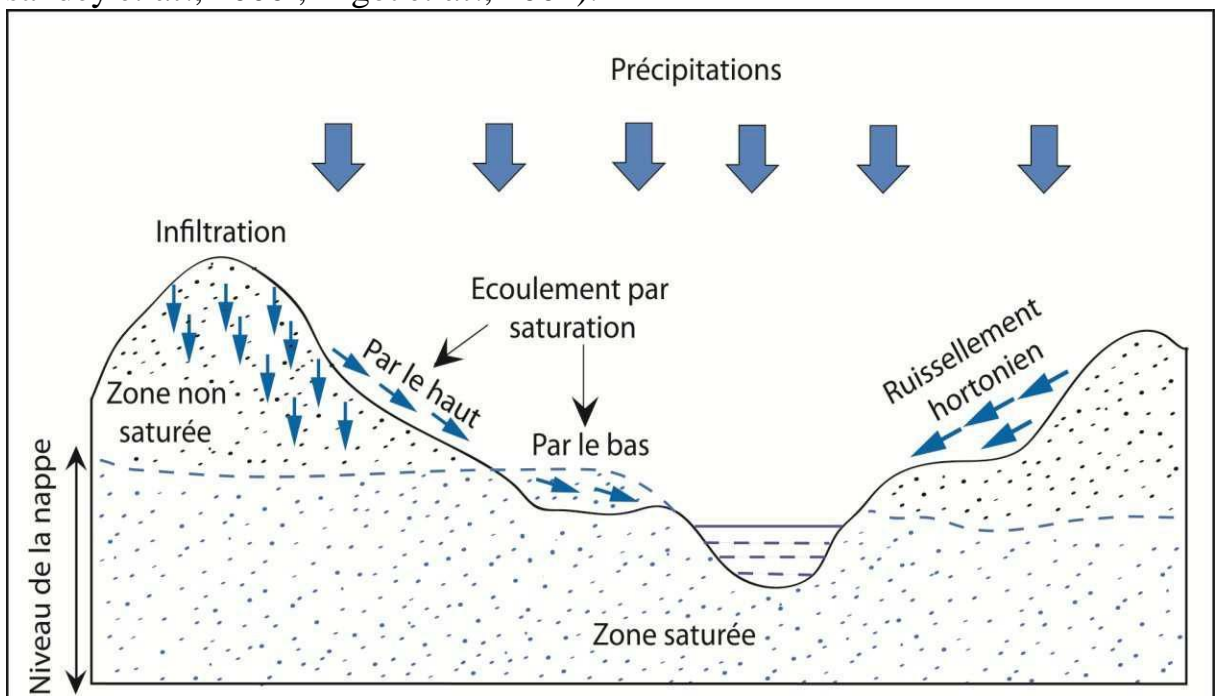


Fig. 2.5. Processus de génération des écoulements par dépassement de la capacité d'infiltration et sur surface saturée (modifiée selon Musy et Higy, 2004)

### 2.3.2. Du ruissellement sur les versants aux écoulements de crue

Les crues sont observées suite à une arrivée massive et rapide des eaux au sein du lit mineur d'une rivière ou d'un fleuve, provoquant une montée plus ou moins rapide de leur niveau. L'origine de cette eau est multiple mais le phénomène de ruissellement sur les versants représente le processus le plus important dans la genèse des crues.

La relation qui existe entre les deux types de réponses hydrauliques, à savoir le ruissellement de versant et l'écoulement des crues, reste à ce jour mal connu car complexe. A ce niveau, se pose de nouveau la question de la distinction entre surfaces actives et surfaces contributives (Ambroise, 1998). Selon Cosandey *et al.* (2000), « *cette relation pose tout le problème des relais, des changements d'échelle, qui induisent des modifications fondamentales dans les combinaisons de processus qui déterminent les modes de fonctionnement des milieux physiques* ». Globalement, trois grands types de situations peuvent être distingués (fig. 2.6) :

1. Formation du ruissellement sur les versants sans observation de crue dans la rivière
2. Formation de crue sans observation de ruissellement sur les versants
3. Ruissellement connecté directement au cours d'eau

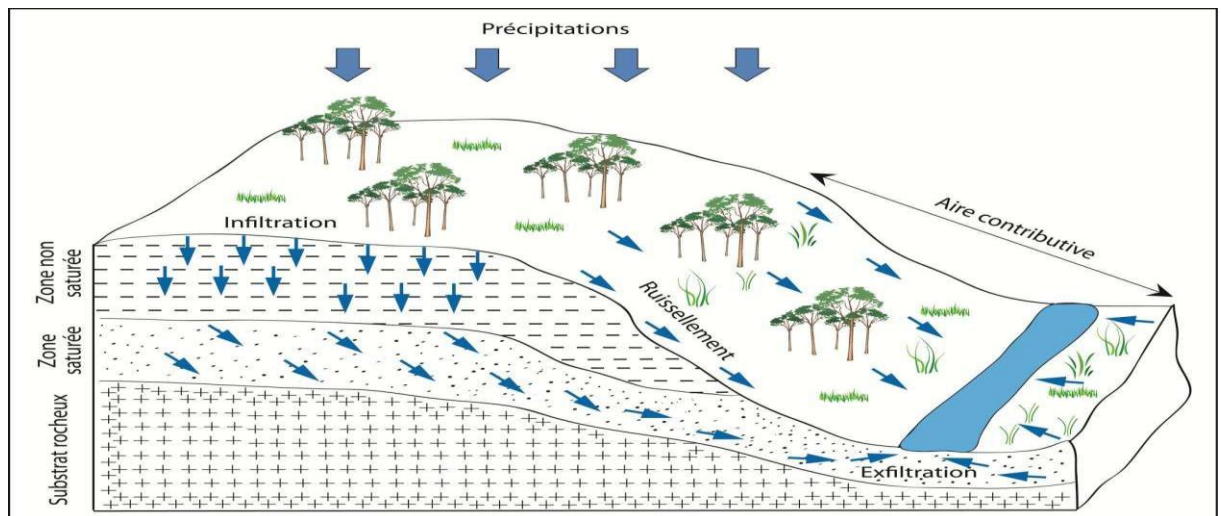


Fig. 2.6. Mécanismes à l'origine de la genèse des crues.

## 2.4. Ecoulements de crue et régime hydrologique

L'eau qui s'écoule dans les cours d'eau résulte soit de précipitations directes sur la surface du cours d'eau, soit d'écoulements de surface, de subsurface et/ou souterrains qui participent d'une manière directe ou pas à leur alimentation. L'identification et la compréhension du régime hydrologique passe l'exploitation de longues séries de données (débits, hauteur d'eau, vitesse d'écoulement). Ces séries décrivent généralement la fréquence et la magnitude des événements hydrologiques, ainsi que les conditions climatiques, physiographiques et hydrogéologiques du bassin-versant (Lambert, 1996). Selon Musy et Higy (2004) « ... nous pouvons caractériser un bassin-versant et son écoulement en adoptant une classification du régime des cours d'eau d'après l'allure de la fluctuation saisonnière systématique des débits qu'ils présentent, et d'après leur mode d'alimentation ».

## 2.5. Complexité du fonctionnement hydrologique d'un bassin-versant

L'étude des phénomènes hydrologiques est issue essentiellement de la mécanique des fluides, dont les lois sont établies pour être appliquées à des milieux homogènes dans lesquels les phénomènes sont supposés fortement linéaires. Ainsi, l'étude du fonctionnement hydrologique d'un bassin-versant dans sa globalité est extrêmement difficile et impose de le décomposer en plusieurs sous-unités hydrologiques homogènes. La complexité du fonctionnement hydrologique d'un bassin-versant est liée au relais spatio-temporel des processus générateurs de ruissellement et de crue, aux effets d'échelle et aux effets de seuil.

### 2.5.1.. Relais spatio-temporel des processus générateurs de ruissellement et de crue

De l'amont en aval, plusieurs types de ruissellement peuvent être observés, dont les uns alimentent ou neutralisent les autres. Ces processus générateurs se relaient également dans le temps : on observe par exemple des régimes de ruis-

sellement et de crue fort différents selon les saisons, ces différents régimes modifiant fortement l'état initial du milieu.

### **2.5.2. Effet d'échelle**

Selon l'échelle à laquelle on se situe (bassin-versant, sous-bassin, tronçon fluvial, section), la sensibilité et les mécanismes de réaction, face à un même facteur générateur, seront différentes.

### **2.5.3. Effet de seuil**

La montée soudaine des crues est souvent liée à un dépassement d'un certain seuil. Ce dépassement peut être dû à une large saturation de surfaces, à l'arrivée concomitante des écoulements, etc. Ainsi l'évaluation de ces seuils est très importante dans la prévention des événements brutaux de caractère souvent catastrophique.

## **2.6. Particularités de l'hydrologie urbaine**

En milieu urbain, le système hydrologique naturel est fortement modifié voire entièrement artificialisé. Pour la grande majorité des villes, l'histoire de l'artificialisation du réseau hydrographique est la même : les ruisseaux et les petites rivières sont canalisés et souvent enterrés, les fleuves quant à eux, sont murés avec des hauts endiguements et isolés ainsi du paysage de la ville. Des pratiques qui ont eu des conséquences lourdes sur le cycle de l'eau mais longtemps adoptés par les hydrologues et les urbanistes aménageurs (Fig2.7).

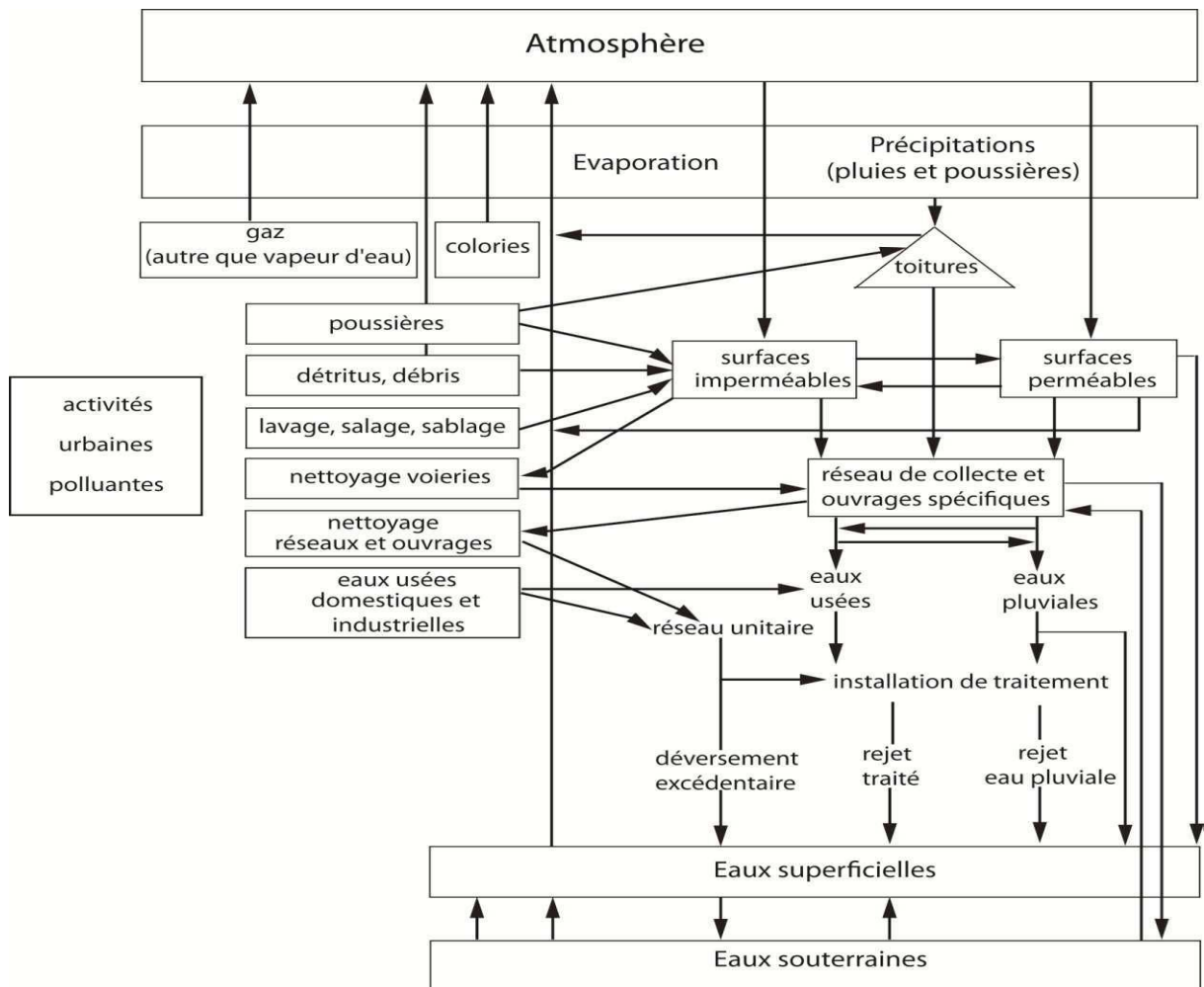


Fig. 2.7. Influence de la ville sur le cycle de l'eau (Chocat, 1997).

## 2.7. Politique de gestion du risque d'inondation :

### 2.7.1. Dans le monde :

En matière de gestion des inondations, il est de coutume de considérer que le monde accuse un certain retard par rapport au pays réputés pour leur savoir-faire en la matière. Les démarches entreprises par les pays du monde dans le cadre de leur lutte contre les inondations sont nombreuses mais reposent sur les mêmes principes.

#### 2.7.1.1. La réglementation:

Elle devrait prendre en compte les actions anthropiques aboutissant à une modification substantielle du relief, à l'édification de tout aboutissant à une

modification substantielle du relief, à l'édification de toute construction en zones inondable.

### **2.7.1.2. La prévention** : qui a les principes suivants :

- Améliorer la connaissance du phénomène.
- Maîtrise de l'urbanisation : la connaissance du risque est intégrée dans les documents d'urbanisme afin que des zones ne soient pas ouvertes à l'urbanisation lors d'un aléa potentiel capable d'impacter ces zones.
- Agir sur la limitation de l'aléa et de la vulnérabilité : pour l'aléa, il s'agit de travaux de ralentissement hydraulique. Et pour la vulnérabilité, encourager les autorités locales et les particuliers à prendre des mesures adoptées pour les habitations existantes
- Favoriser l'information des populations : grâce aux moyens disponibles.

### **2.7.1.3 La prévision** : qui s'articule sur les principes suivants :

- Le suivi du phénomène : analyser aux différentes zones susceptibles de subir une inondation l'ampleur et la typologie de cette inondation ainsi que la délimitation précise des secteurs inondables
- La surveillance du phénomène : mise en place d'un service d'annonce et d'alerte des crues.
- La préparation de la crise : organisation et mise en œuvre des plans de secours.

## **2.7.2 En Algérie :**

La stratégie Algérienne prise en compte pour faire face au risque d'inondation s'introduit dans la politique générale de prévention des risques majeurs, elle se résume à une politique de prévention basée sur l'évolution de la législation et des comportements ; ce sont les procédures et les règles visant à limiter la vulnérabilité des hommes et des biens face aux aléas naturels ; cette

stratégie est bien détaillée a travers la loi 04-20 « ... *est qualifié de système de gestion des catastrophes, lors de la survenance d'un aléa naturel ou technologique entraînant des dommages au plan humain, social, économique et/ou environnemental, l'ensemble des dispositifs et mesures de droit mis en oeuvre pour assurer les meilleures conditions d'information, de secours, d'aide, de sécurité, d'assistance et d'intervention de moyens complémentaires ou spécialisés...* » (La loi 04-20 du 25 décembre 2004)

Le cœur de cette politique préventive est l'institution d'un Plan Général de Prévention (PGP) ; le PGP général détermine, le système national de veille (SNAV) et le système national d'alerte (SNAA). Il comporte en outre les plans de prévention particuliers à chaque territoire (région, wilaya et commune) vulnérable. Enfin, chaque plan général de prévention est complété par des prescriptions particulières spécifiques à chaque risque majeur ; C'est-à-dire des plans particuliers d'intervention (PPI) qui sont élaborés par les Walis avec les services déconcentrés de l'Etat.

Afin de garantir la protection des biens et des personnes, la loi 04-20 deux autres mesures importantes relatives au recours obligatoire au système national d'assurances, dans le cadre des plans et le recours à la procédure de l'expropriation pour cause d'utilité publique face aux risques majeurs. Sans nous attarder sur la gestion des catastrophes, la loi la prévoit dans son titre 3. Selon l'importance de la catastrophe, sont institués des plans ORSEC, au niveau national ; régional ; de wilaya ; communal et des plans ORSEC sites sensibles

## **2.8. Institutions et Acteurs de gestion des risques en Algérie :**

### **2.8.1. Délégation Nationale aux risques majeurs :**

La loi 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques et la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable, a redéfini les

bases de la politique nationale de gestion des risques, qui doit être gérée par la délégation nationale aux risques majeurs, sous l'autorité du premier ministre ; cette autorité coordonne et évalue les actions des différents acteurs liés à la gestion des risques dont la mise en place d'un « plan général de prévention des risques majeurs », pour tout aléa identifié, parmi les actions préconisées par ce plan ; la mise en place d'un système d'alerte et un système de veille, ainsi que l'identification des zones vulnérables

### **2.8.2. Protection Civil :**

Sous l'autorité du ministre de l'intérieur et désigné au niveau de chaque wilaya, la protection civile est chargée des interventions de secours des populations sinistrées. Son rôle de prévention se limite à la consultation de ces services lors de l'élaboration des PDAU et

POS, ainsi que lors de la délivrance des actes d'urbanisme, cependant son rôle est prééminent dans l'identification des risques liés à l'urbanisation.

### **2.8.3. Organismes publics (*les organisme de recherche en matière d'inondation*):**

**2.8.3.1. ANRH:** Placée sous la tutelle du ministère chargé de l'hydraulique, l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques est un établissement public administratif, à vocation scientifique et technique. Parmi les missions qui lui sont attribuées, c'est d'étudier les phénomènes hydrogéologiques sur les bassins expérimentaux et de mettre en place et de gérer un réseau de prévision des crues.

**2.8.3.2. ONM :** l'Office National de Météorologie est aussi un établissement public, à caractère industriel et commercial sous la tutelle du ministère des transports, il a pour mission la mise en œuvre de la politique nationale dans le domaine de la météorologie.

## Conclusion

L'hydrologie urbaine fait désormais partie de nombreux travaux de recherche, notamment avec l'arrivée des outils de la modélisation numérique. Néanmoins, et même si certaines conséquences directes des activités anthropiques sur les processus hydrologiques sont actuellement bien connues et identifiés, de nombreuses conséquences restent méconnues et non prévues initialement par l'aménageur. En réalité, les difficultés rencontrées par l'hydrologie urbaine ne sont pas propres à cette discipline mais émanent de la complexité spatio-temporelle des processus de genèse du ruissellement de surface et des crues.

### 3. Présentation du cas d'étude:

Le support spatial est primordial dans une problématique d'ordre géographique. Afin de bien cerner les phénomènes de crue et de ruissellement superficiel dans une métropole du bassin méditerranéen, on a choisi de travailler sur la partie ouest du Grand Alger, une région qui nous semble assurée par la richesse de son tissu urbain (ville occidentales, ville arabe, et un tissu urbain métissé) la représentativité d'une grande partie des métropoles méditerranéennes, leur histoire fait également d'elle l'une des régions très exposées aux événements météorologiques de caractère intense.

Cette partie est composée de deux principaux volets, à savoir : une analyse à caractère social et une seconde à caractère physique.

Le contexte social est étudié à travers une reconstitution spatio-temporelle de l'évolution territoriale (législation, urbanisme). Pour y parvenir on a fait recours à plusieurs techniques d'analyse et de traitement (exploitation de différents types d'archive, photo interprétation, traitement numérique des images satellites).

Le contexte physique du Grand Alger sera appréhendé à travers des méthodes et d'outils d'analyse classiques et thématiques, il s'agit d'analyses géologique, géomorphologique, climatique et hydrologique. Des analyses entreprises afin de cerner les principales caractéristiques physiques de la région d'étude.

#### 3.1. Histoire du développement urbain de la ville d'Alger

Alger est une ville portuaire, bâtie en amphithéâtre sur une colline inclinée vers l'est, et culminant à 124 m. Son histoire commence au IV<sup>e</sup> s. av. J.-C. quand les Phéniciens établissent un comptoir appelé *Icosim*, qui prendra le nom d'*Icosium* sous l'Empire romain. Au milieu du V<sup>e</sup> s., les Vandales prennent le contrôle de la ville, qui restera longtemps sous l'empire des Byzantins. En cette époque, Al-

ger n'est qu'une ville « secondaire » longtemps tiraillée entre les différents royaumes berbères. Elle n'obtient son statut de ville qu'au X<sup>e</sup> s.

### **3.1.1. 1945-1962 (année de l'Indépendance)**

En 1945 la crise du logement atteint son apogée. Wattez et Maisonneul, sous la direction de Prost, commencent d'élaborer le troisième projet régional d'Alger, un travail qui aboutira en 1948. Les principales idées développées dans ce troisième plan serviront à l'établissement du plan proposé par le Groupement d'urbanisme de la région algéroise (GURA). Sur le terrain, on constate que l'urbanisation vers l'est continue. L'urbanisation vers l'ouest est de plus en plus importante de la fin de la Deuxième Guerre Mondiale à la veille de l'Indépendance en 1962. Les extensions vers l'est et l'ouest apparaissent quelque peu anarchiques. Le développement urbain vers l'est comprend principalement les zones industrielles (sud d'El Harrach, Rouiba, Réguaia), de grands ensembles, des cités d'urgence dont la plus grande est celle d'Oued Ouchayeh, et l'implantation d'équipements structurants (Ecole polytechnique d'El Harrach). Postérieurement au développement de la période 1945-1962 débute le développement des noyaux côtiers de l'est (Alger Plage, Tamentfoust). A l'ouest d'Alger, on implante plutôt de grands ensembles de 15000 habitants, dont chacun est équipé d'un centre commercial (e.g., Château Neuf). Dans le sud-est, sur la bordure du Sahel et des collines, on construit aussi des cités résidentielles (cité de Crête, cité des Annassers) dépourvues de toute activité économique.

### **3.1.2. Depuis 1962**

Après l'Indépendance, le développement urbain s'effectue dans les deux directions (est et ouest) et ce, de façon continue jusqu'au début des années 1970. Le développement urbain vers l'est reste cependant plus rapide et plus anarchique, eu égard aux caractéristiques physiques du site qui rendent les travaux d'urbanisme moins coûteux à l'est (pentes fortes, substrats rocheux) qu'à l'ouest

(plaine). Cette extension urbaine « sauvage » a d'ailleurs nécessité la mise en place de plusieurs plans réparateurs. A partir du début des années 1970, soit 12 années après l'Indépendance, un réel débat s'engage au sujet du futur développement urbain d'Alger. Deux propositions majeures voient le jour : la première favorise l'extension vers l'est et les nombreuses possibilités de connexion avec Alger centre pour permettre la continuité du tissu urbain. L'inconvénient majeur de cette proposition est que les terres sur lesquelles l'extension urbaine doit avoir lieu sont des terres agricoles de grande fertilité. La seconde proposition suggère plutôt d'orienter l'extension du tissu urbain vers les collines du sud-ouest, préservant ainsi les terres agricoles situées à l'est. L'inconvénient que présente ce choix est que les travaux d'urbanisation et d'installation des différentes infrastructures sont très coûteux vu le caractère accidenté du relief. Au final, c'est la seconde proposition qui est choisie, l'Etat ayant opté pour la préservation du potentiel agricole à l'est, supportant ainsi le coût plus élevé d'une urbanisation orientée vers le sud-ouest (Côte, 1996 ; Redjimi, 2000).

### **3.2. Dynamique de l'occupation du sol dans le Massif de Bouzaréah**

Nous avons réalisé une cartographie de l'évolution de l'occupation du sol dans le Massif de Bouzaréah dans deux buts précis. Le premier est né du constat qu'un document cartographique synthétique n'existait pas, d'après l'exploitation de la bibliographie, alors que la cartographie de l'occupation du sol peut être très utile à la gestion du territoire par les collectivités locales. Le second vient du fait que les cartes que nous avons produites sont des données d'entrée nécessaires pour mener les simulations numériques de la réponse hydrologique du Massif de Bouzaréah que nous avons développées. Ces simulations diachroniques prennent en compte l'évolution urbaine et les modifications spatio-temporelles de l'environnement en général.

L'analyse de l'évolution spatio-temporelle de l'occupation du sol dans le Massif de Bouzaréah s'est appuyée sur plusieurs supports cartographiques (fonds topo-

graphiques, images Google Earth, images satellitaires) et outils de SIG (AcrGIS, MapInfo) et de traitement numérique d'images .

### **3.3. Cartographie diachronique (1960-2011) de l'occupation du sol, basée sur la photo interprétation et le traitement numérique d'images satellitaires**

Deux principales méthodes ont été utilisées dans ce travail. La première est basée sur le principe de la photo-interprétation thématique (identification et description des principaux objets constructifs de l'environnement algérois ; interprétation visuelle concrétisée par le SIG avec édition de cartes d'occupation du sol). La seconde est celle du traitement numérique des images satellitaires. Actuellement, différents types d'outils sont disponibles sur le marché, tous (ou presque) offrant une grande convivialité et pouvant être maîtrisés en assez peu temps.

Les méthodes de traitement sont multiples, certaines étant automatiques (Kmeans, intégrées dans les logiciels de traitement), d'autres semi-automatiques et quelques unes entièrement manuelles, dans lesquelles les classes sont définies par l'éditeur de la carte, qui doit par ailleurs avoir une très bonne connaissance du terrain.

Les documents que nous avons produits vont être présentés chronologiquement. Le choix des dates a été imposé en grande partie par la disponibilité des données. Ainsi, les cartes de l'occupation du sol ont été produites à trois dates différentes : 1960, 1986 et 2011.

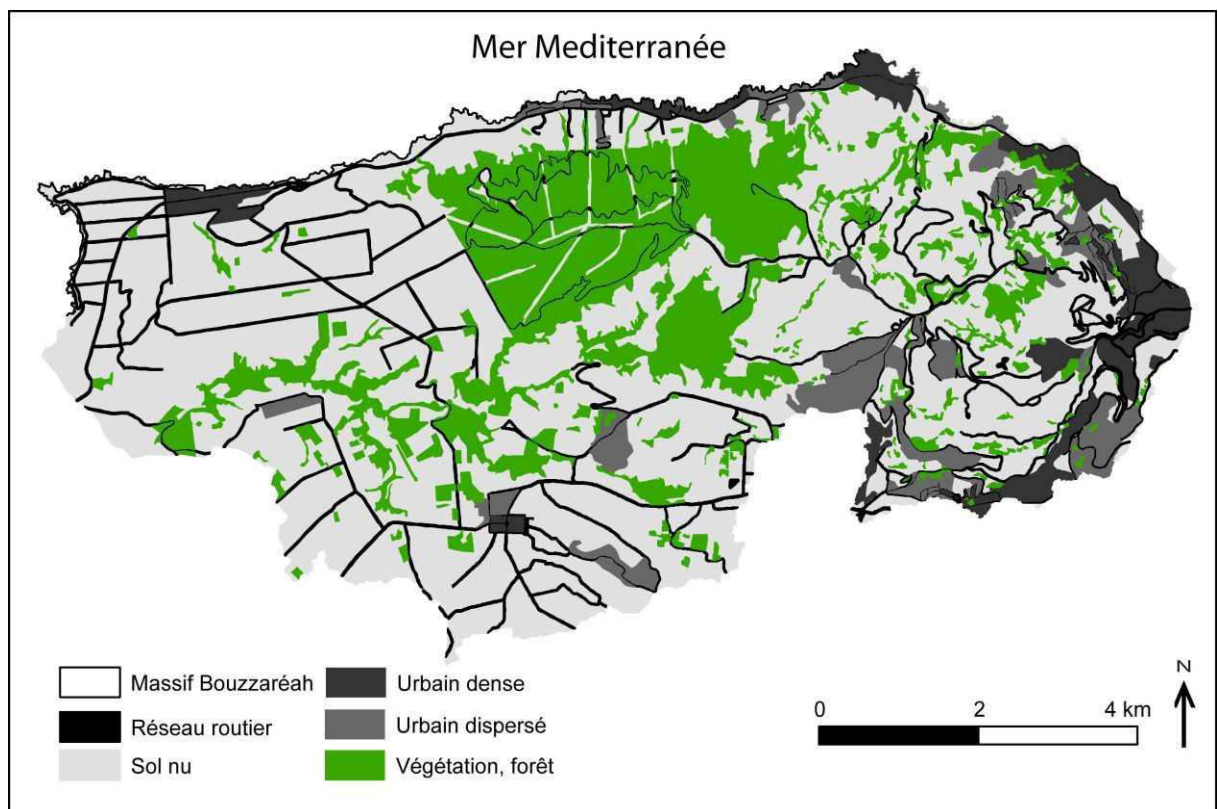
#### **3.3.1. Méthodes et résultats**

##### ***A. En 1960***

On a utilisé ici les fonds de cartes topographiques. La plus ancienne carte collectée remonte à 1879-1880 mais d'autres cartes ont été éditées en 1934. On a fait le choix de faire débiter la cartographie diachronique de l'occupation du sol à

partir de 1960 car le Massif de Bouzaréah était vraiment très peu urbanisé et habité auparavant, notamment en 1979-1880.

Etendre l'analyse en intégrant le XIX<sup>e</sup> s, aurait demandé un travail de plus d'une vingtaine de jours pour une faible quantité d'information produite, on a décidé de ne pas produire une carte d'occupation du sol pour les dates antérieures à 1960. La carte topographique de 1960 utilisée a été éditée à une échelle de 1/25 000, par l'Institut Géographique National à Paris. Cette carte a été fournie par l'Institut de la Cartographie et de la Télédétection (INCT) d'Alger.



**Fig. 3.1. Carte de l'occupation du sol dans le Massif de Bouzaréah en 1960.**

L'analyse de la carte topographique de 1960 montre que le Massif de Bouzaréah est très peu urbanisé (à peine 10 % de la surface totale). La zone urbaine s'étend principalement dans la partie est du massif, qui forme une continuité spatiale avec le cœur de la ville d'Alger.

La moitié de la zone urbaine observée dans le massif s'étend sous la forme d'un tissu dispersé et non structuré. Certains secteurs proches du littoral sont égale-

ment urbanisés, mais leur surface est très réduite. Au sud-ouest, on peut repérer un petit quartier avec un tissu urbain dense et structuré, représentant un noyau d'extension autour duquel se développe un tissu urbain dispersé.

Le couvert végétal est dominé par une végétation ligneuse haute. Il s'étend sur plus de 22 % de la surface totale du massif, dont une grande surface est occupée par la forêt de Baynam dans la partie centre-nord. Le reste du massif est occupé par les sols nus (substrat géologique principalement dans la partie est ; parcelles agricoles restant une grande partie de l'année sans couvert végétal dans toute la moitié sud-ouest).

La quantification de la répartition spatiale des différents types d'occupation du sol dans le Massif de Bouzaréah est basée sur le calcul de la surface occupée par chaque type rapportée à la surface totale du massif. Les résultats sont présentés dans le tableau 3.1.

**Tableau 3.1. Surfaces couvertes par chaque type d'occupation du sol dans le Massif de Bouzaréah en 1960**

	Surface couverte (m <sup>2</sup> )	Pourcentage de couverture (%)
Urbain dense	3428779	5 %
Urbain dispersé	3647234	6 %
Végétation	6868957	10 %
Forêt	8002069	12 %
Réseau routier	3068805	5 %
Sol nu	41484436	62 %
Total	66500282	100 %

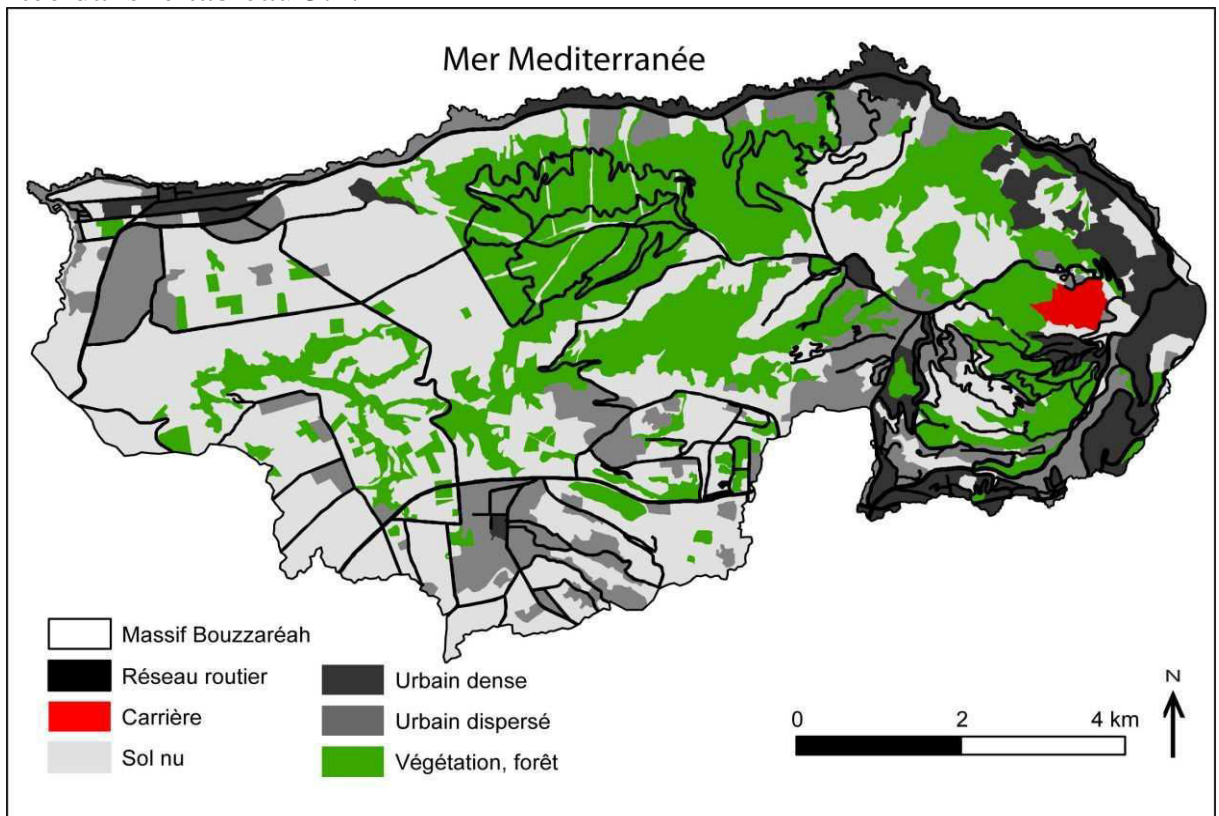
### ***B. 1986-2011***

Plusieurs types d'images ont été utilisés, les images satellitaires LANDSAT prises par des capteurs de 2<sup>e</sup> et dernière génération, dont la meilleure résolution disponible gratuitement, pour les périodes visées, varie selon les dates et les capteurs d'acquisition entre 30 et 60 m, et la carte topographique au 1/50 000 éditée en 1986. Google Earth a fourni également des prises de vue couvrant la totalité du Massif de Bouzaréah depuis 2002. Dans cette partie, la carte d'occupation du sol présentée a été effectuée à partir de la carte topographique (1986) et des images Google Earth (2011).

#### ***a) En 1986***

L'analyse est déduite de la carte topographique de 1960 au 1/25 000, fournie par l'Institut de la Cartographie et de la Télédétection (INCT) d'Alger.

En comparaison avec l'état de l'occupation du sol en 1960, on remarque que l'espace urbain, 26 ans plus tard, est plus étendu, avec de larges extensions dans les parties sud et nord-ouest. Il s'agit surtout d'un tissu urbain dispersé non structuré, qui laisse penser que l'extension urbaine se fait de façon « sauvage ». L'extension urbaine se fait au détriment des terres agricoles (de grande fertilité) présentes dans cette partie du massif. On remarque également que le couvert végétal est plus étendu par rapport à ce qu'il était en 1960. La répartition spatiale des différents types d'occupation du sol dans le Massif de Bouzaréah est présentée dans le tableau 3.2.



**Fig. 3.2.** Carte de l'occupation du sol dans le Massif de Bouzaréah en 1986.

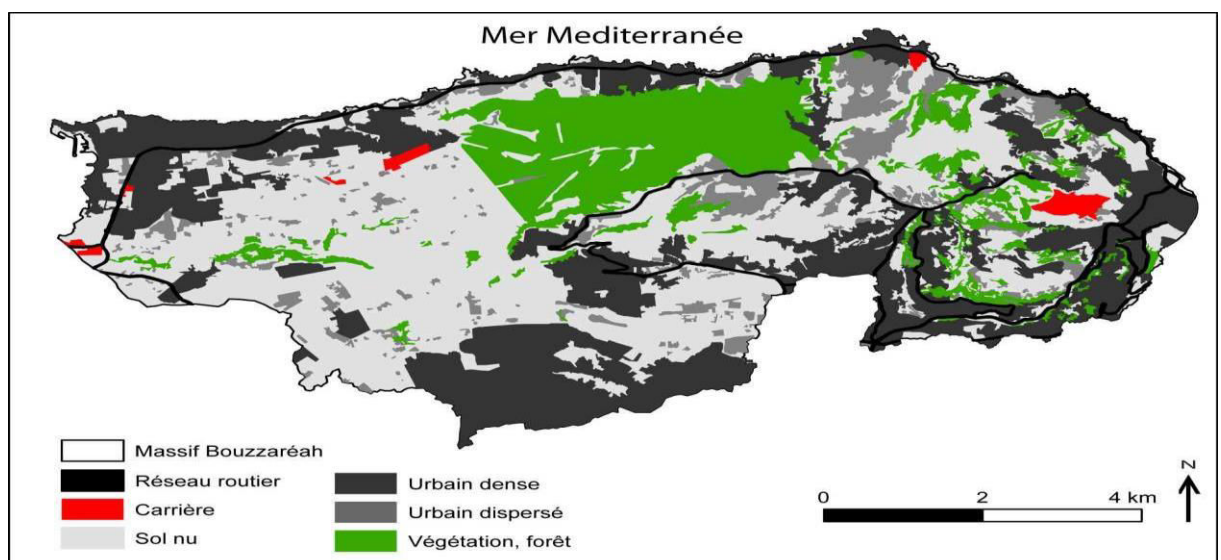
**Tableau 3.2.** Surfaces couvertes par chaque typ d'occupation du sol dans le Massif de Bouzaréah en 1986.

	Surface couverte (m <sup>2</sup> )	Pourcentage de couverture (%)
Urbain dense	5689469	8 %

Urbain dispersé	9203213	14 %
Végétation	5558367	8 %
Forêt	14124383	21 %
Zone industrielle	384632	1 %
Réseau routier	2974873	5 %
Sol nu	28549530	43 %
Total	66484468	100 %

### *b) En 2011*

L'analyse repose sur l'exploitation des images Google Earth zoomées à 370 m, donnant la possibilité de réaliser un travail de photo-interprétation assez précis. L'espace urbain s'est encore étendu, et tout le tissu urbain qui était dispersé en 1986 est devenu un tissu dense. Les parties orientale et centrale du massif ont été déforestées, la forêt ayant été partiellement remplacée par un tissu urbain dispersé. On remarque aussi l'apparition de quelques petites usines industrielles qui n'occupent qu'une très faible part de la surface totale. La répartition spatiale des différents types d'occupation du sol dans le Massif de Bouzaréah est présentée dans le tableau 3.3.



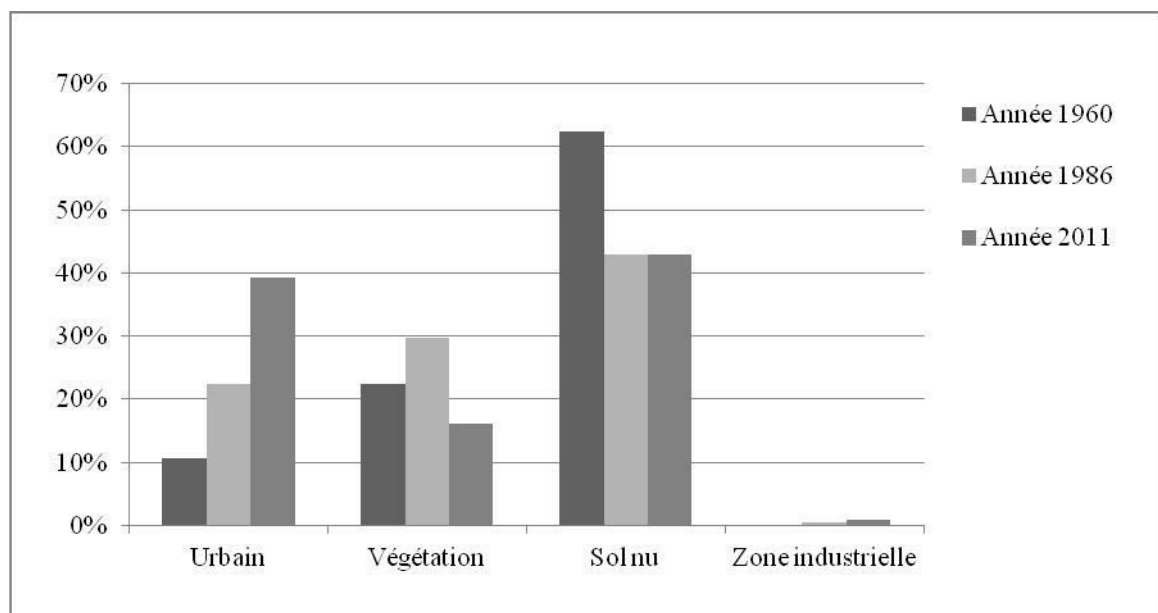
**Fig. 3.3.** Carte de l'occupation du sol dans le Massif de Bouzaréah le 10 août 2011.

**Tableau 3.3. Surfaces couvertes par chaque type d'occupation du sol dans le Massif de Bouzaréah en 2011.**

	Surface couverte (m <sup>2</sup> )	Pourcentage de couverture (%)
Urbain dense	20950200	31 %
Urbain dispersé	5155903	8 %
Végétation	3254455	5 %
Forêt	7451541	11 %
Zone industrielle	575099	1 %
Réseau routier	628420	1 %
Sol nu	28600742	43 %
Total	66616362	100 %

### 3.3.2 Synthèse

La vision synthétique de l'évolution spatiale qu'a connu le Massif de Bouzaréah entre 1960 et 2011 est montrée par un histogramme présentant les différents types d'occupation du sol à trois dates différentes (1960, 1986, 2011 ; fig. 3.4).



**Fig. 3.4. Evolution de l'occupation du sol du Massif de Bouzaréah entre 1960 et 2011.**

Entre 1960 et 2011, la surface du tissu urbain a été multipliée par 4, l'accroissement le plus marqué ayant été enregistré entre 1986 et 2011. Entre 1960 et 1986, en plus du faible taux de croissance, l'extension urbaine s'est faite d'une manière dispersée sans aucune structuration spatiale, alors qu'entre 1986

et 2011, ces zones d'extension urbaine dispersées se sont densifiées, constituant des noyaux de développement pour les nouveaux quartiers. Le couvert végétal a connu sa plus forte extension en 1986. En 2011, le couvert végétal se contracte de moitié par rapport à la surface qu'il occupait en 1986. Cette contraction du couvert végétal s'est faite en grande partie à la faveur des espaces urbanisés.

Concernant les espaces libres, ce que l'on a appelé « sols nus » sur la carte, ce sont des espaces non occupés par le tissu urbain et non couverts par la végétation de façon permanente. Les surfaces de « sols nus » se sont contractées sur la période 1960-1986 (phénomène de déforestation pour étendre le tissu urbain, une partie des terrains étant resté en friches), pour rester stables de 1986 à 2011.

### **Conclusion**

L'objectif de faire aujourd'hui d'Alger un territoire compétitif et attractif sur le plan économique, social et culturel n'est pas totalement atteint. La ville souffre encore de nombreuses imperfections, d'ordre qualitatif et quantitatif, au niveau de ses infrastructures et d'insuffisances (moyens de transport collectifs, réseau routier en comparaison avec le flux entrant chaque jour dans la capitale) ce qui a de néfastes répercussions sur la dynamique économique et sur la gestion des risques hydrologiques.

L'analyse des résultats obtenus avec la méthode de photo-interprétation a permis de mettre en évidence deux principaux résultats méthodologiques. 1) Le travail de photo-interprétation mené à partir du fond de carte topographique au 1/25 000 doit être complété par d'autres documents (photographies aériennes, plans cadastraux) et un travail de terrain. 2) Une image LANDSAT de 30 m de résolution, gratuite et facilement acquise, donne accès à une évaluation qualitative et quantitative fiable des principaux types d'occupation du sol existant dans le Massif de Bouzaréah.

## **Introduction**

Alger est une métropole méditerranéenne bâtie sur les contreforts des collines du Sahel algérien. Elle a été affectée à plusieurs reprises par des aléas hydrométéorologiques de forte magnitude qui ont engendré des pertes en vies humaines ainsi que des dégâts matériels majeurs. Ce chapitre analyse les caractéristiques physiques du notre cas d'étude (climat, structure, hydrogéomorphologie) afin de préciser la prédisposition naturelle, les mécanismes de genèse et le niveau de risque hydrométéorologique dans le Massif de Bouzaréah.

### **4.1. Massif de Bouzaréah**

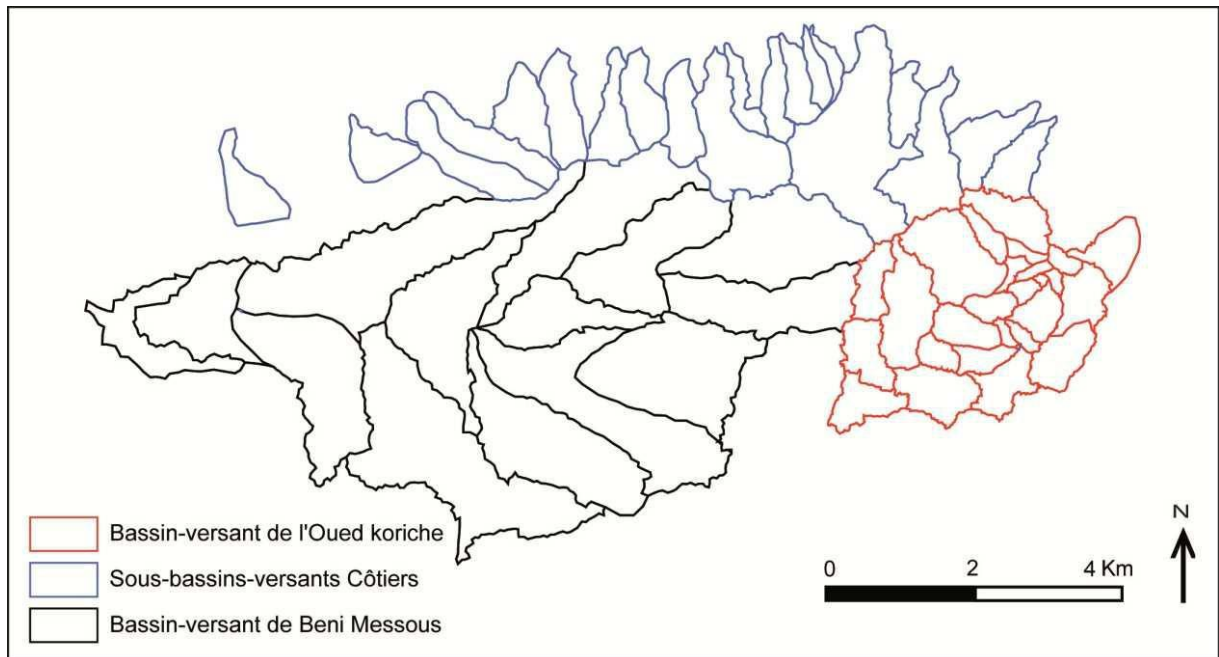
Cette partie a comme objectif la caractérisation des différents facteurs physiques contrôlant la dynamique du Massif de Bouzaréah : le contexte géologique local, les formations superficielles et les dynamiques géomorphologiques et leurs impacts sur le comportement hydrologique. Pour mener au mieux cette analyse, nous avons découpé le Massif de Bouzaréah en trois principales unités hydrologiques correspondant à trois bassins versants contributifs, à savoir : les bassins versants côtiers, le bassin-versant de Beni Messous et le bassin-versant de l'Oued Koriche (fig. 4.1).

#### **4.1.1. Contexte géologique local**

L'histoire géologique du Massif de Bouzaréah est déduite de plusieurs travaux de différentes natures et époques : géologique (Glangeaud, 1931, 1932 ; Royer, 1937), pétrographique (Royer, 1933), travaux de synthèse (Moussu, 1962), géologique et stratigraphique (Mahdjoub, 1981 ; Saadallah, 1981).

Le Massif de Bouzaréah (appelé également Massif d'Alger), forme un chaînon E-W de 20 km de longueur et de 6 km de largeur culminant à 407 m d'altitude. Il est situé à l'ouest d'Alger, en bordure de la Mer Méditerranée, limité au sud par le bassin de la Mitidja et à l'ouest par les dépôts discordants du Néogène. Il

est structuré en plusieurs unités tectoniques qui se superposent ou sont séparées par des contacts anormaux orientés E-W (fig. 4.2).



**Fig. 4.1. Unités hydrologiques contributives du Massif de Bouzaréah.**

Les formations géologiques constituant le Massif de Bouzaréah se succèdent comme suit :

- Primaire : les terrains sont cristallophylliens, affleurant sur la quasi totalité de la surface du massif. Ce sont des roches métamorphiques plus ou moins fortement tectonisées (calcaires métamorphisés, schistes, micaschistes, gneiss).
- Tertiaire : marqué par une lacune de l'Eocène et de l'Oligocène, le Pliocène marneux affleure en discordance sur le Primaire métamorphique. Les marnes bleues du Plaisancien (2 à 4m) se retrouvent à la base de quelques falaises côtières. Les mollasses astiennes sont des formations argilo-sableuses et gréseuses ou argilo-gréseuses souvent verdâtres (glaucanie). Cette formation est très abondante et occupe presque toute la banlieue d'Alger.
- Quaternaire : ce sont des terrains gréseux, formés principalement par des sables argileux, affleurant sur les flancs nord du Sahel.

#### **4.1.2. Substrat, formations superficielles et dynamiques géomorphologiques**

La morphologie actuelle du Massif de Bouzaréah est le résultat d'une érosion active exercée sur le massif ancien et dont témoignent les produits de l'altération recouvrant les micaschistes et les calcaires métamorphisés. Les facteurs de contrôle de l'évolution géomorphologique de la région sont d'ordre physique (relief, structure, climat, hydrologie) et/ou anthropique (défrichement, pratiques agricoles mal adaptées, aménagement du territoire en milieu urbain).

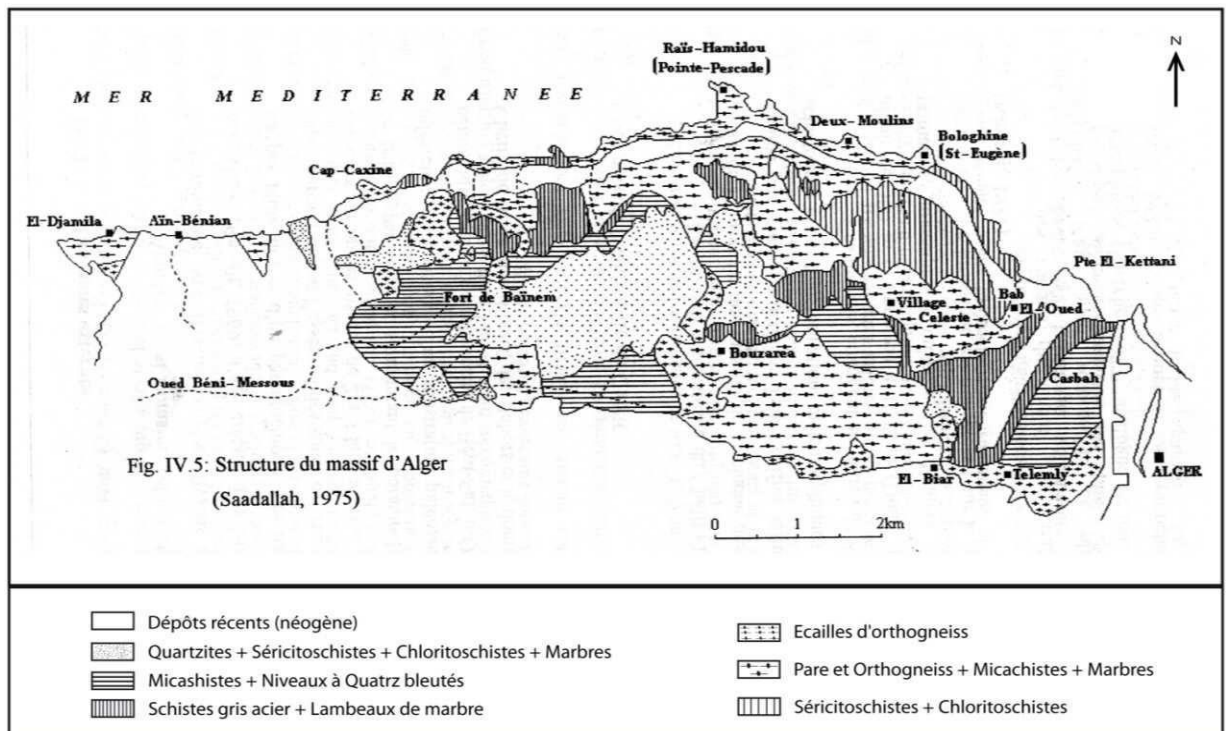


Fig. 4.2. Structure du Massif de Bouzaréah (Saadallah, 1975).

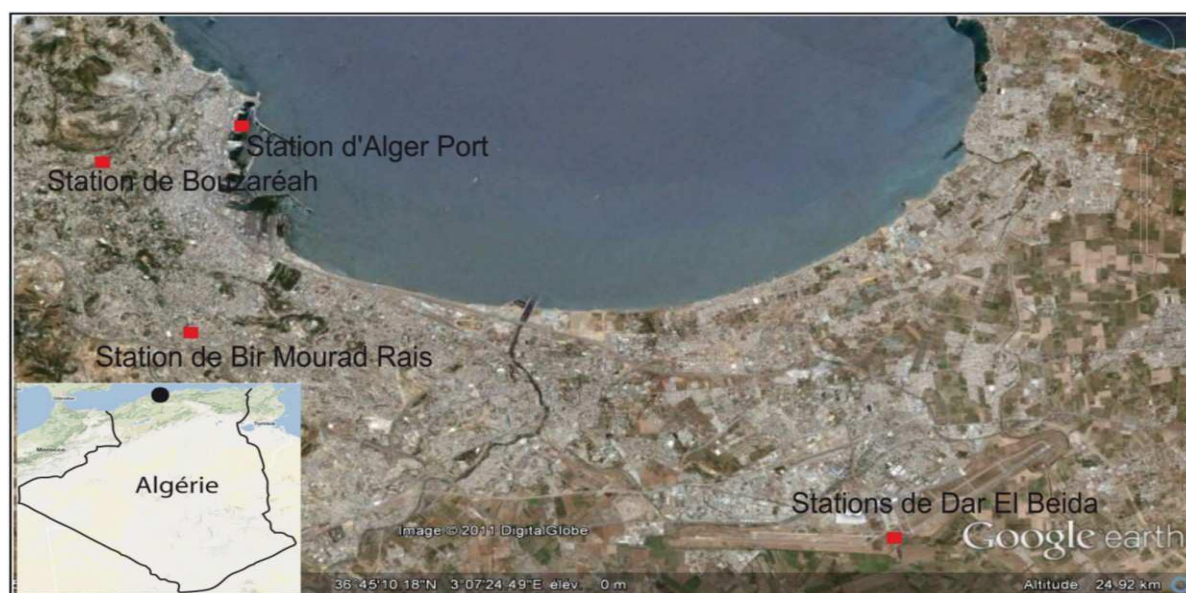
### 4.1.3 Caractéristiques climatiques

#### 4.1.3.1. Variations des totaux pluviométriques annuels et mensuels moyens sur le Grand Alger (station météorologique de Bouzaréah)

L'analyse de la variabilité pluviométrique annuelle et saisonnière a été menée à partir d'une série de données climatique de 111 années d'observations (1891-2001). Les données exploitées sont relatives à la pluviométrie enregistrée à la station de Bouzaréah, l'une des stations météorologiques du Grand Alger (fig. 4.3).

Entre 1891 et 2001, le total pluviométrique annuel moyen est de 691,84 mm, avec des variations de 216 mm (1981) à 1165,3 mm (1936 ; fig. 4.4). Le total pluviométrique annuel moyen de la décennie 1990 est inférieur de 36,57 % à celui de la décennie 1960 et de 15 % à celui de la décennie 1920.

Pour analyser les variations inter- et intra-mensuelles, nous avons choisi la période automnale du fait qu'elle reçoit plus de 45 % de la totalité des précipitations annuelles et qu'elle est la saison la plus touchée (plus de 60 %) par les événements pluviométriques de forte intensité. La distribution des cumuls pluviométriques mensuels (fig. 4.5), montre une grande variabilité inter- et intra-mensuelle. Les cumuls d'une même année décroissent entre octobre et décembre. On observe aussi des valeurs qui sortent clairement de la tendance générale. Des pics dévoilent souvent la présence d'un événement de caractère intense. Ces événements de courte durée et de forte intensité font partie intégrante du comportement météorologique du climat méditerranéen.



**Fig. 4.3.** Localisation des stations météorologiques du Grand Alger et dans le bassin-versant de l'Oued Koriche (fond d'image Google Earth).

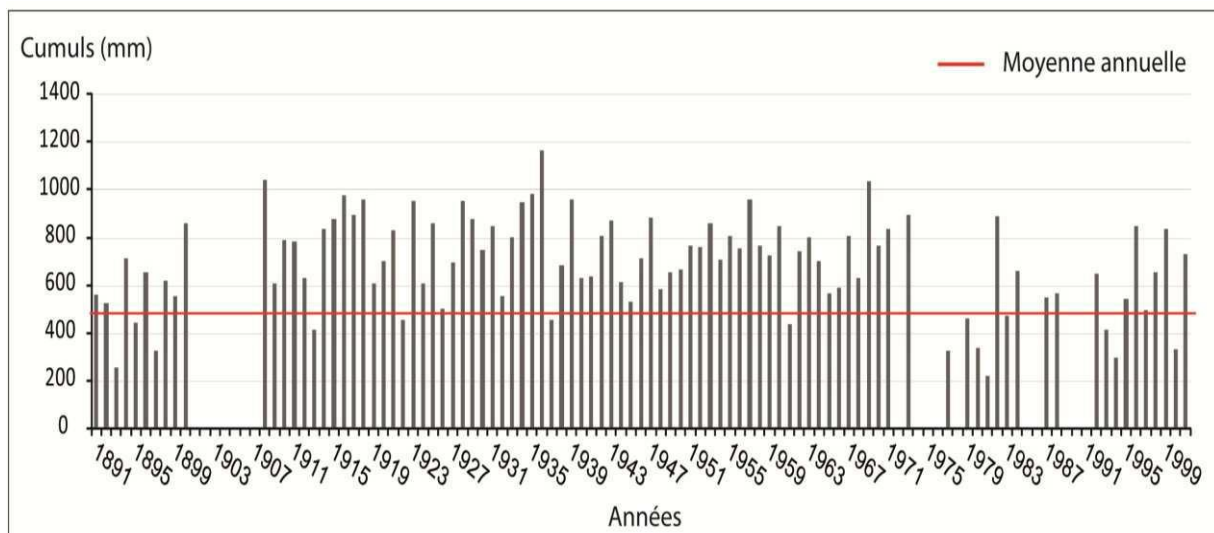


Fig. 4.4. Variation interannuelle des pluies entre 1891 et 2001 (données lacunaires 1901-1907, 1972, 1974-1976, 1978, 1985-1986, 1989-1991).

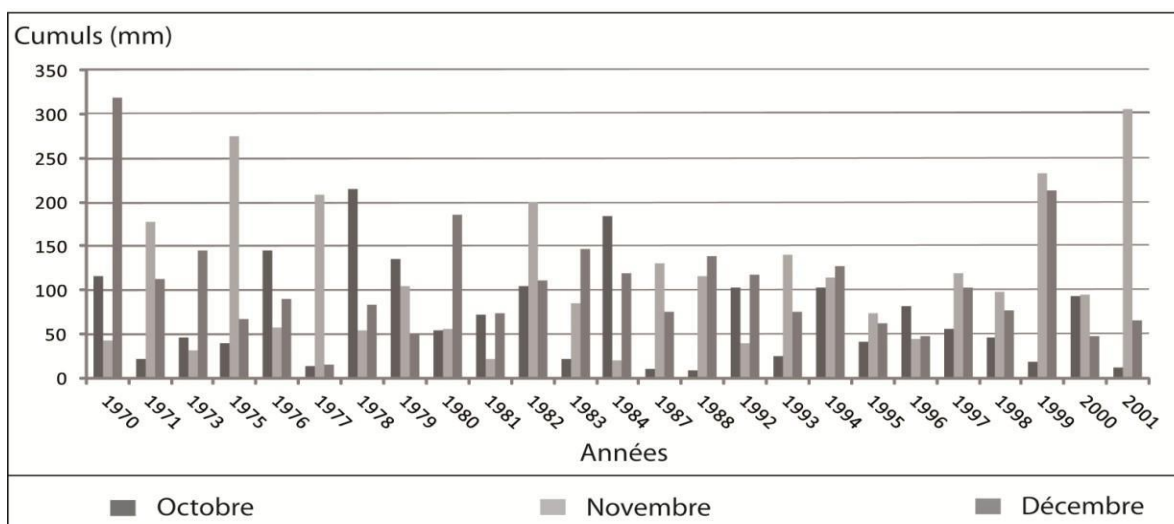
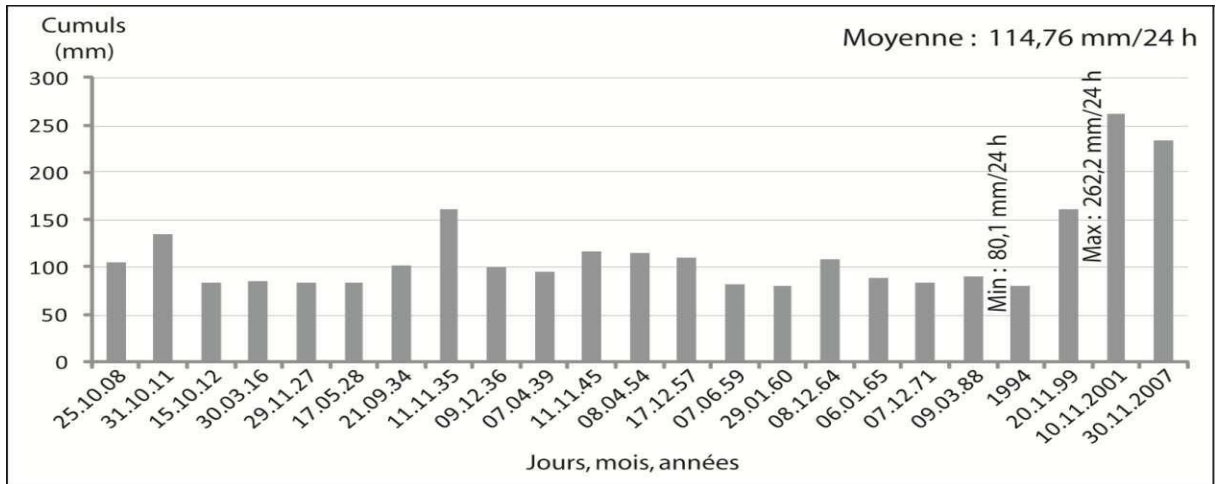


Fig. 4.5. Variations des totaux inter- et intra-mensuels des mois d'octobre, novembre et décembre.

#### 4.1.3.2. Événements météorologiques intenses (cumul supérieur à 80 mm/24 h) observés sur le Grand Alger

Les enregistrements durant un siècle (1908-2007) des maximas pluviométriques journaliers (24 h non flottants), à la station de Bouzaréah, renseignent sur plus de 23 événements intenses (80 mm/24 h ; fig. 4.6). Ainsi on peut déduire que la survenance de ce type d'événements semble être fréquente. La totalité du bassin-versant est susceptible être affecté, et ceci quelle que soit la saison. Néanmoins, les caractéristiques intrinsèques des événements restent différentes,

du fait qu'en climat méditerranéen, les mécanismes générateurs des perturbations sont distincts selon les saisons.



**Fig. 4.6. Date et valeur des cumuls pluviométriques en 24 h supérieurs à 80 mm à la station de Bouzaréah (1908-2007 ; données ANRH).**

La fig. 4.6 montre que les événements pluviométriques n'ont pas été réguliers entre 1908 et 2007. Les deux décennies (1930-1940 et 1950-1960) sont relativement plus pluvieuses. La récurrence des événements selon les mois de l'année varie également : plus de 60% des événements surviennent au cours de la période automnale, caractérisée par une activité cyclogénétique intense et rapide, d'origine barocline ou orographique. Le reste de l'année, les dépressions thermiques sont d'ampleur beaucoup moins marquée.

L'évènement enregistré les 9-10 novembre 2001, inclus dans la série analysée, reste le plus exceptionnel en terme de cumul pluviométrique (263 mm/24 h). Les précédents records n'ont pas dépassé 154 mm (1999) ou 152 mm (1935). On utilisant des méthodes d'ajustement graphique, on peut attribuer aux cumuls pluviométriques journaliers (ou d'autres : en 30 mn, en 1 h, etc.) mesurés en un endroit donnée des périodes de retour (T). L'ensemble des méthodes sont conçues pour assurer la symétrie autour de la médiane. L'ONM d'Alger a fait le choix d'utiliser la loi de Gumbel pour estimer les périodes de retour correspondant aux précipitations journalières observées sur trois stations du Grand Alger, à savoir les stations de Dar El Beida, de Bouzaréah et de Bir Mourad Rais.

**Tableau 4.1. Les cumuls pluviométriques journaliers correspondant aux différentes périodes de retour (données ONM).**

Périodes de retour	2 ans	5 ans	10 ans	25 ans	50 ans	100 ans
Station de Dar El Beida	52 mm	76 mm	91,7 mm	111,3 mm	125,8 mm	140,3 mm
Station de Bouzaréah	61 mm	83 mm	97,8 mm	116,5 mm	130,3 mm	144,1 mm
Station de Bir Mourad Rais	65 mm	95,5 mm	107,6 mm	128,6 mm	144,4 mm	160,1 mm

#### 4.1.4. Conditions hydrologiques

Une brève précision terminologique pour commencer. Le « bassin-versant » reste l'unité spatiale de référence en hydrologie. Il s'agit d'un « système ouvert à processus réponse » (Schumm, 1977) dans lequel les eaux reçues à la surface du bassin, à l'exception de la partie qui s'infiltré dans le sol ou celle qui s'évapore, s'écoule sur des chemins préférentiels déterminés principalement par la topographie, pour rejoindre en aval un même point de convergence appelé exutoire. Le fonctionnement du système « bassin-versant » est rendu complexe par son mode de réaction hydrologique, les emboitements de sous-unités et la structuration de son réseau hydrographique. Le comportement hydrologique du bassin-versant est principalement caractérisé par les vitesses d'écoulement, les débits maximaux et les temps de concentration des écoulements.

##### 4.1.4.1. Géométrie du bassin-versant

Les caractéristiques physiographiques d'un bassin-versant jouent un rôle déterminant dans son comportement hydrologique. Les caractéristiques géométriques des sous-bassins-versants sont présentées dans le tableau 4.2.

**Tableau 4.2. Superficie et périmètre des différentes sous-unités hydrologiques contributrices du Massif de Bouzaréah**

Paramètres Bassins versants (bv)	Surface(S ; km <sup>2</sup> )	Périmètre (km)	$K_G$ Gravelius	K du limes-cate	Rectangle équivalent	
					Longueur	Largeur
Sbv côtier 1	0,6	3,8	1,4	2,7	1,5	0,4
Sbv côtier 2	0,5	3,2	1,3	1,9	1,1	0,4
Sbv côtier 3	0,8	5,2	1,6	4,6	2,2	0,4

<b>Sbv côtier 4</b>	0,7	5	1,6	4,8	2,2	0,3
<b>Sbv côtier 5</b>	0,6	4	1,4	3	1,6	0,4
<b>Sbv côtier 6</b>	0,6	4	1,4	3,3	1,6	0,4
<b>Sbv côtier 7</b>	0,5	4,3	1,6	3,8	1,8	0,3
<b>Sbv côtier 8</b>	0,6	3,5	1,3	2,6	1,3	0,4
<b>Sbv côtier 9</b>	0,6	3,7	1,4	3,1	1,4	0,4
<b>Sbv côtier 10</b>	1,4	6,5	1,5	2,6	2,7	0,5
<b>Sbv côtier 11</b>	0,3	3,5	1,8	5,4	1,6	0,2
<b>Sbv côtier 12</b>	0,4	3,5	1,6	4,3	1,5	0,3
<b>Sbv côtier 13</b>	0,4	3,2	1,5	3,4	1,3	0,3
<b>Sbv côtier 14</b>	0,2	2,7	1,6	4,9	1,1	0,2
<b>Sbv côtier 15</b>	0,2	2,8	2	8,2	1,3	0,1
<b>Sbv côtier 16</b>	2,6	9,6	1,6	2,7	4,1	0,6
<b>Sbv côtier 17</b>	0,4	3,1	1,4	2,7	1,2	0,3
<b>Sbv côtier 18</b>	1,1	6,4	1,7	3,57	2,8	0,4
<b>Sbv côtier 19</b>	0,7	4,3	1,4	2,9	1,7	0,4
<b>Sbv côtier 20</b>	0,6	3,8	1,4	3,4	1,5	0,4
<b>Beni Messous</b>	31,5	40,7	2	2,9	18,7	1,7
<b>Oued Koriche</b>	9	19,9	1,9	2,2	8,9	1

**A. Surface :** La surface (en km<sup>2</sup>) des bassins versants a été numériquement délimitée à partir des lignes de crête ou de partage des eaux, les résultats sont présentés dans le tableau 4.2 ci-dessus.

**B. Forme :** La forme d'un bassin-versant se décrit à partir de la forme de son périmètre. Selon qu'il s'agit d'une forme allongée ou circulaire, l'allure de l'hydrogramme de crue calculé à l'exutoire du bassin-versant sera très différente. Par exemple, les bassins de forme allongée produisent des pics de crue moins marqués et ont un temps de réponse hydrologique plus long que ceux de forme plus trapue.

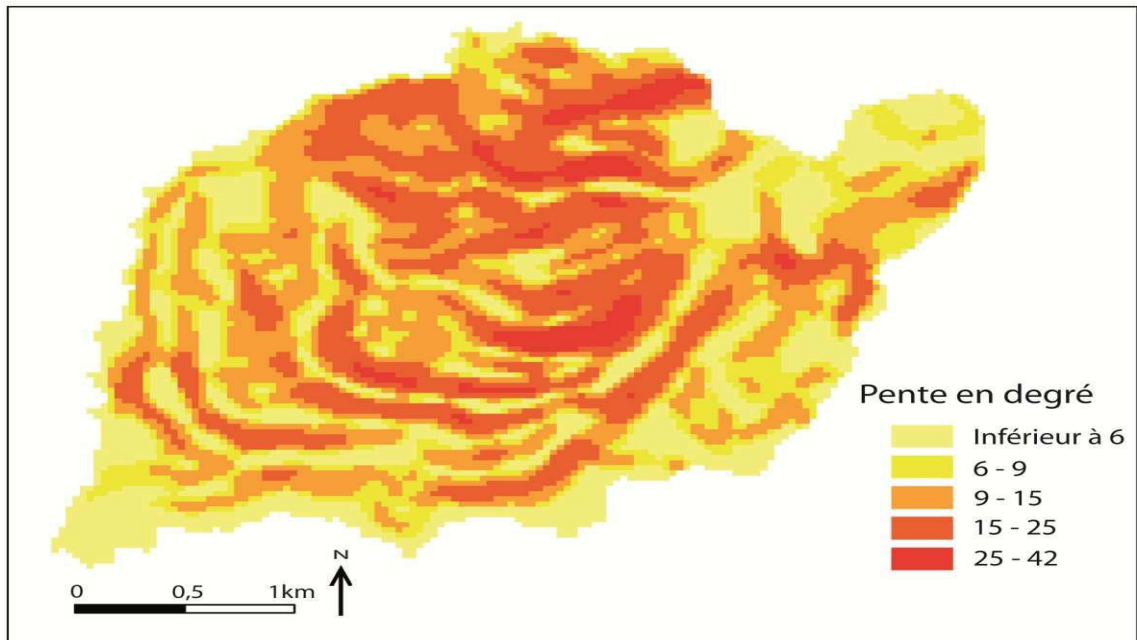
**C. Relief et pente :** Le relief est l'un des facteurs clés contrôlant la réponse hydrologique d'un bassin versant car les pentes influencent à la fois les vitesses et les puissances spécifiques des écoulements ainsi que le temps de réponse hydrologique. Nous l'avons caractérisé en utilisant les techniques de la courbe hypsométrique et du rectangle équivalent .

Le bassin-versant de l'Oued Koriche peut être assimilé à un rectangle équivalent d'une longueur égale à 8,96 km de longueur et 1 km de largeur. Le rectangle équivalent du bassin-versant de Beni Messous présente une longueur de 18,66 km et une largeur de 1,69 km. Le bassin-versant de Beni Messous est beaucoup plus long que le bassin-versant de l'Oued Koriche ; il est aussi un peu plus large. Par conséquent le temps de concentration des écoulements sera sans doute beaucoup plus court sur le bassin versant de l'Oued Koriche en comparaison avec le bassin-versant de Beni Messous.

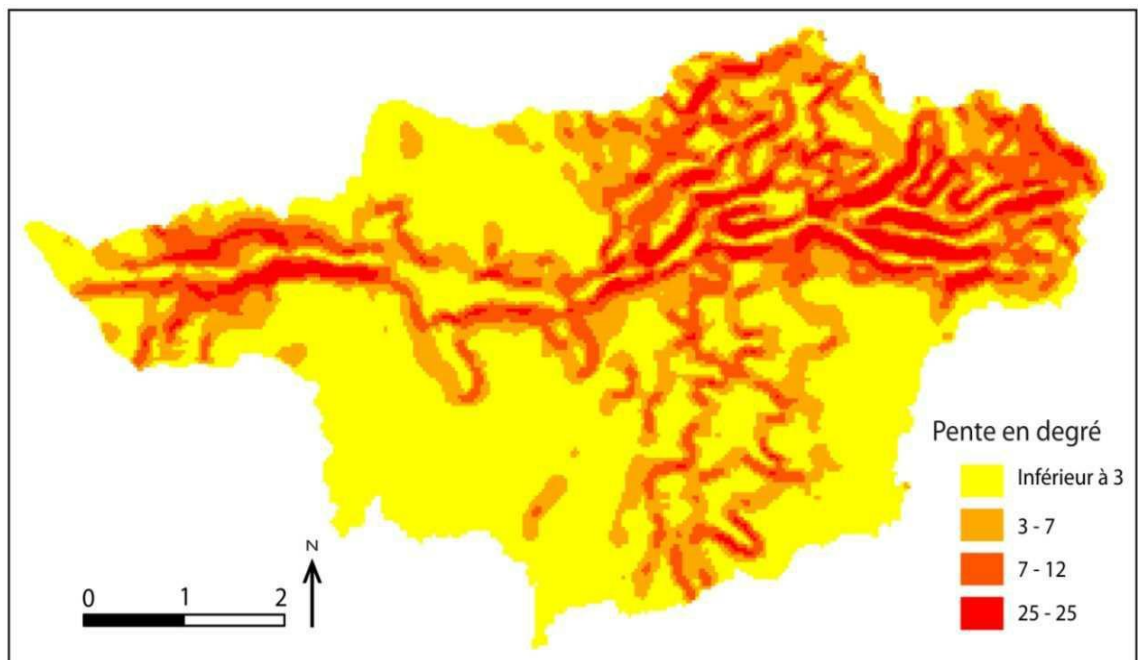
La pente correspond à l'inclinaison des surfaces topographiques. Elle contrôle la cinématique des écoulements (vitesse, puissance, temps de réponse) mais peut aussi être évaluée comme critère de comparaison des bassins versants. Nous l'avons utilisée pour comparer les bassins versants du Massif de Bouzaréah :

- Bassin-versant de l'Oued Koriche : les pentes sont fortes (maximum :  $42^\circ$  ; fig. 4.7), notamment sur la rive gauche de l'oued. En tenant compte de ces fortes pentes et de la petite surface du bassin-versant, la réponse hydrologique et les vitesses d'écoulement seront rapides en cas d'épisodes pluvieux intenses.
- Bassin-versant de Beni Messous : les plus grandes valeurs de pente ( $12-25^\circ$  ; fig. 4.8) s'observent dans la partie nord-est du bassin-versant, ainsi que sur certains versants (d'extension spatiale limitée) situés à l'exutoire. La rive gauche du bassin-versant ainsi qu'une grande partie du bassin médian/aval sont dotées de pentes faibles (voire nulles). Ce bassin-versant ne présente pas une prédisposition naturelle à générer des réponses hydrologiques rapides. Dans ce genre de

configuration topographique (pentes faibles et bassin-versant allongé), le paramètre « pente » ne joue pas un rôle déterminant concernant la cinématique des écoulements.



**Fig. 4.7.** Carte des pentes dans le bassin-versant de l'Oued Koriche.



**Fig. 4.8.** Carte des pentes dans le bassin-versant de Beni Messous.

- Sous-bassins versants côtiers : on y trouve de fortes pentes (maximum :  $32^\circ$  ; fig. 4.9), avec une tendance à la décroissance vers l'ouest. Ces bassins versants favorisent des réponses hydrologiques et des vitesses d'écoulement rapides.

Néanmoins, ces caractéristiques hydrologiques ne peuvent pas conduire à des situations catastrophiques de part la petite taille de ces bassins versants.

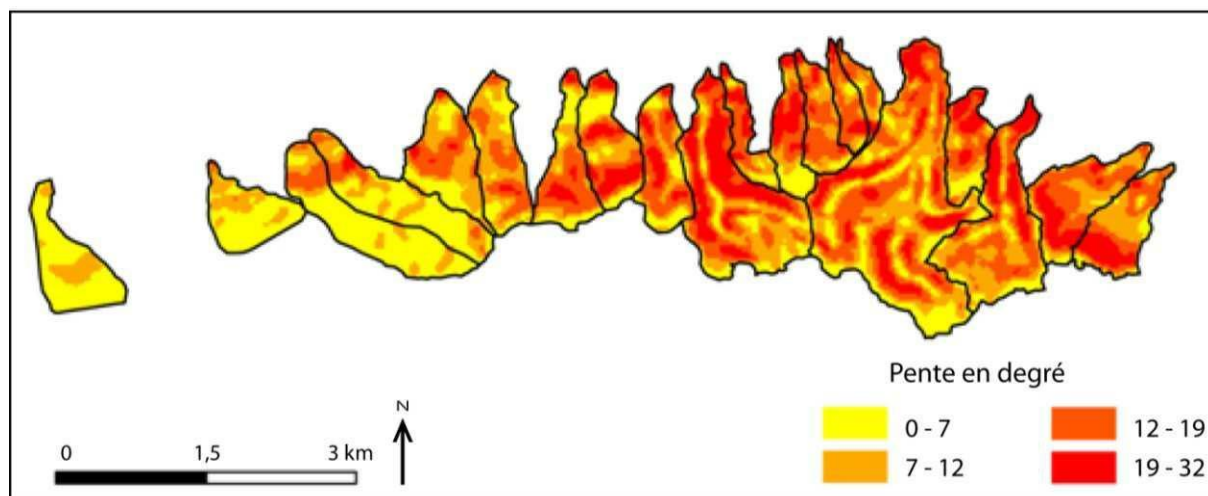


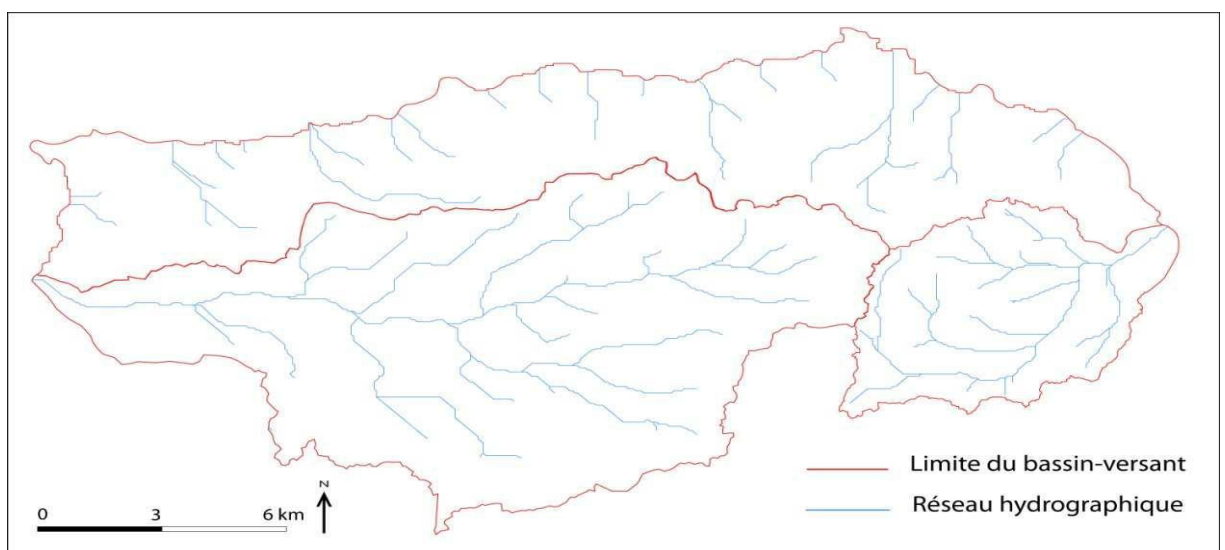
Fig. 4.9. Carte des pentes des sous-bassins versants côtiers.

#### 4.1.4.2. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique représente l'élément de caractérisation le plus important de l'analyse hydrologique d'un bassin-versant. Il est constitué par un drain (chenal) principal relié à un ensemble hiérarchisé et organisé de drains (chenaux) secondaires (affluents). Ce complexe s'organise et fonctionne de manière à assurer l'acheminement de la totalité des eaux ruisselantes de surface vers l'exutoire du bassin-versant. Les drains constitutifs d'un réseau hydrographique peuvent être d'origine naturelle ou artificielle, en activité permanente ou temporaire. Le schéma structural d'un réseau hydrographique est le résultat d'une réaction accommodée par quatre principaux facteurs, à savoir : 1) la géologie (l'orientation, la forme et la profondeur du réseau hydrographique sont fortement influencées par la sensibilité du substratum à l'érosion et les différents accidents tectoniques) ; 2) le climat ; 3) la pente (l'orientation, l'inclinaison et la direction des pentes déterminent l'orientation, l'organisation et le travail d'érosion accompli par le réseau hydrographique) ; 4) l'eustatisme (influence sur le potentiel érosif des cours d'eau à moyen terme) ; 5) l'anthropisation (end-

guement, artificialisation et canalisation souterraine en ville, drainage des terres agricoles, barrages, etc.).

Nous avons caractérisé et hiérarchisé le réseau hydrographique théorique des trois sous-unités hydrologiques du Massif de Bouzaréah : bassins versants de l'Oued Koriche et de Beni Messous, petits bassins versants côtiers (fig. 4.10). Cette démarche dite « topologique » (description d'ordre qualitative) a été menée dans le but de définir la dynamique des eaux superficielles et le temps de réponse hydrologique des bassins versants



**Fig. 4.10. Réseau hydrographique théorique du Massif de Bouzaréah.**

### **A. Classification**

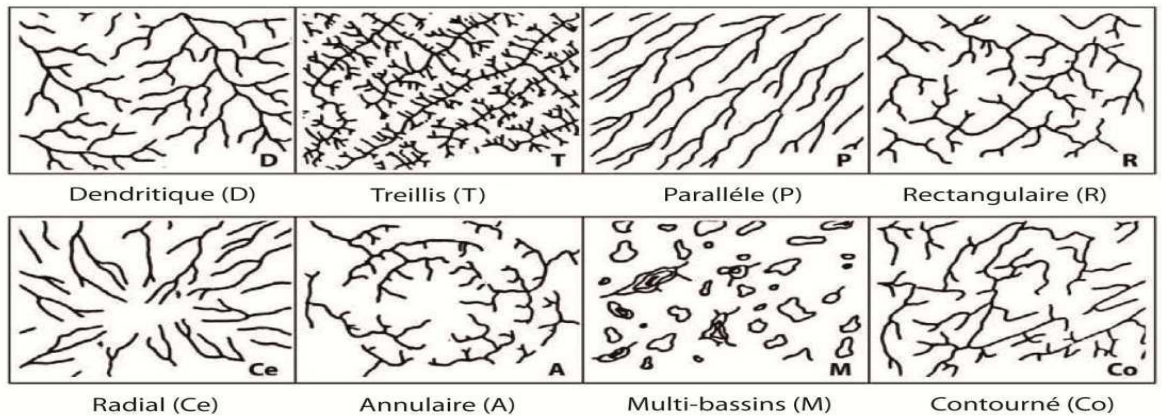
Les bassins versants de l'Oued Koriche et de Beni Messous présentent un réseau hydrographique que l'on peut qualifier respectivement de « sub-dendritique » et de « dendritique », ils se développent généralement en climat semi-humide sur un milieu érosif uniforme, ils sont connus par leur transmission rapide des crues vers l'aval. La grande majorité des petits bassins-versants côtiers présentent un réseau hydrographique « parallèle », une forme qui se développe sur du substrat rocheux souvent doté de pentes relativement homogènes, ainsi défavorable à la formation des crues rapides (fig. 4.10).

### **B. Hiérarchisation**

Le réseau hydrographique des trois sous-unités hydrologique du Massif de Bou-

zaréah va être hiérarchisé à la fois avec la méthode Strahler et la méthode de Shreve ; Nous avons fait le choix d'utiliser ces deux méthodes car elles sont établies selon des logiques différentes, largement utilisées dans les travaux hydrologiques régionaux et disponibles via les systèmes d'information géographique utilisés. Les résultats obtenus vont être présentés respectivement dans les fig. 4.11 et 4.12.

A) Classifications de base



A) Classifications modifiées

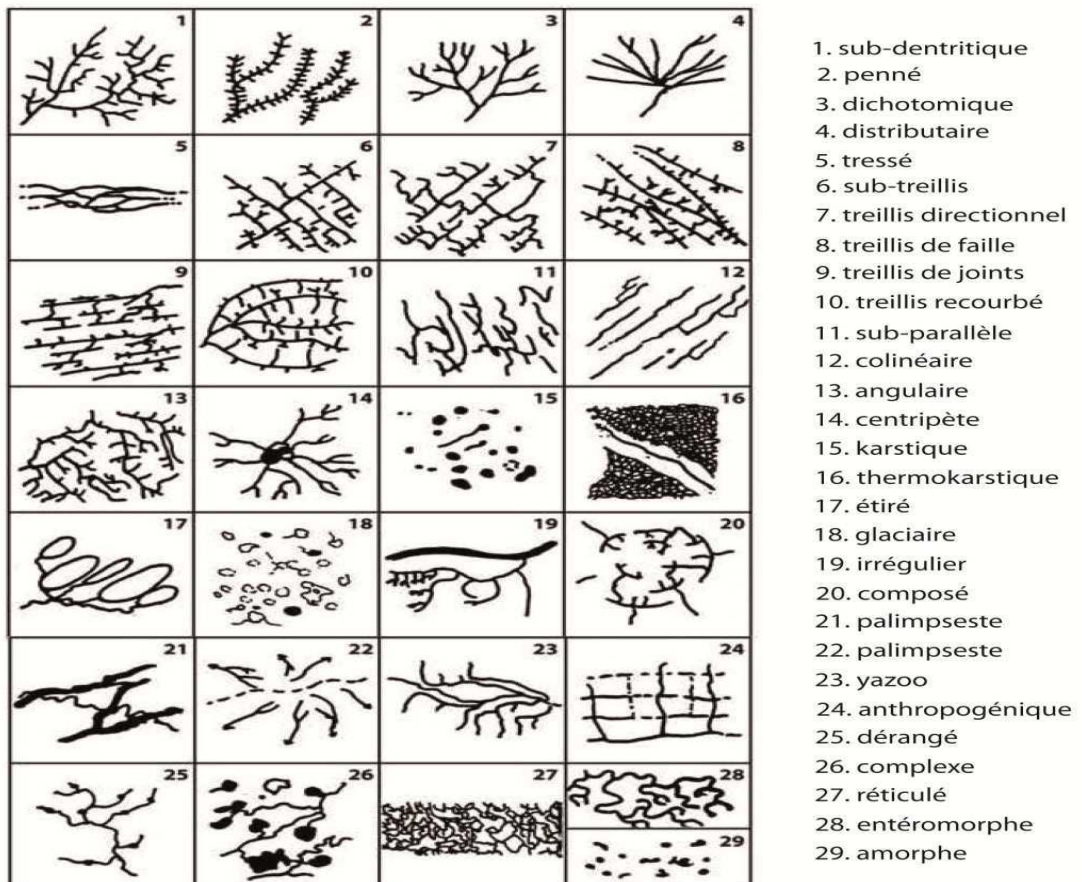


Fig. 4.11. Classification descriptive du réseau hydrographique proposée par Howard (1967) : A) types de base de réseaux hydrographiques ; B) types modifiés de réseaux hydrographiques.

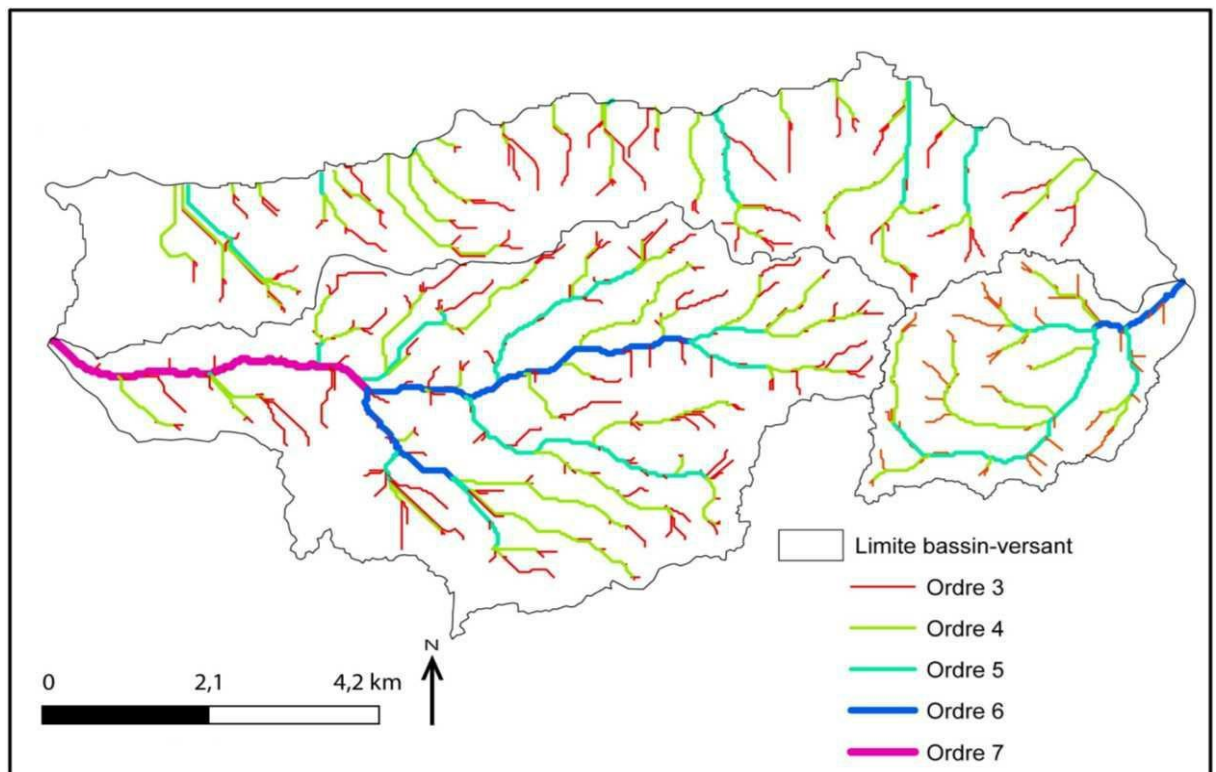


Fig. 4.12. Hiérarchisation de réseau hydrographique dans les bassins versants de l'Oued Koriche, de Beni Messous et côtiers selon les lois de Strahler.

### *C. Rapports de confluence, longueurs moyennes des drains et rapports de longueur*

Dans le bassin-versant de l'Oued Koriche, le rapport de confluence ( $R_c$ ) est égal à 3,45. On n'enregistre pas de grandes différences d'un niveau de confluence à l'autre ( $R_{c2} = 3,25$  ;  $R_{c3} = 4$  ;  $R_{c4} = 3$ ). Le rapport de longueur de drains ( $R_L$ ) est égal à 2. La valeur de  $R_{L3}$  (4) est deux fois plus élevée que celle de  $R_L$ . La longueur moyenne des segments d'ordre 4 ( $L_{m4} = 2$  km) est largement supérieure à celle des segments d'ordre 3 ( $L_{m3} = 0,41$  km). On conclut donc au caractère torrentiel que présente les segments élémentaires (ordre  $\leq 4$ ) dans le bassin-versant de l'Oued Koriche dont la partie aval est exposé à un risque de crue important.

Dans le bassin-versant de Beni Messous :  $R_c$  est égal à 3,70 ;  $R_{c2}$  (rapport du nombre de segments d'ordre 2 sur celui d'ordre 3) est deux fois plus important que  $R_c$ .  $R_{c3}$  chute à 2,95.

Ces résultats mettent en évidence le caractère torrentiel que présente les segments élémentaires d'ordre 2.  $R_L$  est égal à 2.  $R_{L3}$ , avec une valeur égale à 2,96, est supérieur à  $R_L$ , confirmant ainsi que le bassin-versant est doté d'une forme allongée.  $L_{m2}$  est égal à 239 m, une valeur bien inférieure à celle de  $L_{m3}$  (1044 m), signifiant la possibilité de formation de crues brutales à ce niveau de confluences. Dans ce bassin-versant, les segments élémentaires jouent également un rôle primordial dans l'organisation spatio-temporelle de la réponse hydrologique.

#### ***D. Densité de drainage***

Dans le bassin-versant de l'Oued Koriche, la densité de drainage moyenne est égale à 3 km/km<sup>2</sup>. La valeur est élevée et confirme que le réseau hydrographique est dense. Dans le bassin-versant de Beni Messous, on relève également une densité de drainage moyenne élevée, égale à 1,46 km/km<sup>2</sup>, dont 78 % (1,13 km/km<sup>2</sup>) est drainée par des segments d'ordre 2 ou 3, confirmant ainsi l'importance que représente ces segments élémentaires à la fois dans la structure du réseau hydrographique et la nature de sa réponse hydrologique dans le bassin-versant de Beni Messous.

#### **4.1.4.3. Régime d'écoulement**

Il s'agit de comprendre les modes d'écoulement, leur évolution spatio-temporelle ainsi que leur probable effet érosif. On a coutume de placer les écoulements dans trois classes possibles :

- 1) Fleuves et rivières : les régimes d'écoulement sont permanents et les eaux couvrent de large étendue spatiale (lit mineur, lit moyen, lit majeur).
- 2) Torrents et oueds : les écoulements sont permanents (torrents) ou temporaires (oueds) suite à un événement météorologique de caractère intense. Ce dernier cas est observé principalement sous climats aride et semi-aride. Dans tous les cas, les différents niveaux de lit (mineur, moyen, majeur) sont inexis-

tants, l'oued ou le torrent possédant un seul lit qui est réactivé suite à un épisode hydrométéorologique donné ou lors de la saison des pluies.

3) Ecoulements diffus : le lit de concentration des crues est absent, les eaux ruisselant en surface en prenant de multiples directions (*rill wash*). Dans le cas où l'épisode pluvieux se prolonge dans le temps et augmente en intensité, un ruissellement en nappe de faible profondeur (quelques centimètres ; *sheet wash*) peut être observé. L'état le plus agressif que peut prendre un écoulement diffus est le *sheet flood* qui se manifeste par des écoulements fortement chargés (crues boueuses) dotées d'une forte énergie cinétique capable d'entraîner des blocs sur de longues distances.

Dans le Massif de Bouzaréah coexistent les types d'écoulement 2 et 3. Le réseau hydrographique est formé principalement d'oueds à régime hydrologique saisonnier (climat méditerranéen) et c'est au cours des hivers humides et doux, en plus du printemps et de l'automne que les oueds deviennent actifs. Selon l'intensité des épisodes pluvieux et le secteur affecté, l'écoulement peut être de type oued, torrent ou ruissellement diffus. Dans le bassin-versant de l'Oued Koriche peut coexister les trois types d'écoulement (cf. *supra*). Le relief accidenté, la lithologie défavorable aux phénomènes d'infiltration génèrent des réactions hydrologiques rapides. Les premiers écoulements (écoulement diffus, oued) surviennent dès les premières minutes du déclenchement des pluies.

## Conclusion

Le Massif de Bouzaréah est un massif primaire constitué de roches cristallophylliennes ; il se structure en plusieurs unités tectoniques qui se superposent et se séparent par des contacts anormaux orientés est-ouest. Le Tertiaire a vu la mise en place d'un complexe de formations sédimentaires (calcaires, grès, marnes, argiles) plus ou moins sensibles à l'érosion (glissement de terrain, ravi-

nement, érosion fluviale). La présence de nombreux remblais sauvages exacerbent les conditions propices à l'érosion.

Le Massif de Bouzaréah comprend trois unités hydrologiques, le bassin-versant de Beni Messous, le bassin-versant de l'Oued Koriche ainsi qu'une vingtaine de petits sous-bassins versants côtiers. On retiendra : un relief de forme allongé ou compact ; des pentes moyennes à fortes ; des plaines agricoles exclusives au bassin-versant de Beni Messous ; un réseau hydrographique théorique dense. Ce dernier présente une prédisposition naturelle à générer des phénomènes de crue rapide à certaines confluences, de par les caractéristiques climatiques de la région (climat méditerranéen). Les formes les plus agressives de ces épisodes hydrométéorologiques sont les cyclogenèses à développement rapide, observées particulièrement en automne et en hiver. Malgré la prédisposition naturelle du Massif de Bouzaréah au risque hydrologique (ruissellement superficiel, coulée boueuse, crue, inondations) et de glissement de terrain, son territoire est marqué par une conquête urbaine en continuelle croissance. Cette urbanisation a connu des périodes de développement sauvage (après l'Indépendance par exemple) et continue à être menée en absence totale de politique de gestion intégrée du risque.

## Introduction

Cette partie a comme but de pousser plus loin l'analyse des phénomènes de crue et de ruissellement superficiel qui se développent dans le Massif de Bouzaréah. En adoptant une conception systémique de la problématique et en utilisant des outils de simulation numérique, on compte apporter de nouvelles informations, qui peuvent aider à instaurer les techniques de gestion les plus adéquates à la nature du terrain.

En se basant sur les différentes analyses et simulations effectuées antérieurement, une analyse systémique est ensuite menée, dans le but de produire un document de synthèse capable de faire cerner, aux lecteurs, les différents éléments de la problématique de crue et de ruissellement superficiel dans le Massif de Bouzaréah.

Au final, on a voulu proposer un document d'aide à la décision. Pour cela on a cartographié le risque (carte d'aléa, carte de vulnérabilité et carte de risque), puis à la lumière des constats et de résultats obtenus le long de notre travail, on a proposé, à l'échelle du bassin-versant voire du sous-bassin-versant, des interventions privilégiant une gestion intégrée et préventive du risque.

### **5.1. Facteurs de prédisposition**

Le bassin-versant de l'Oued Koriche, compte tenu de ses caractéristiques morpho structurales et météorologiques, présente une prédisposition naturelle à développer des phénomènes de ruissellement superficiel et de crue rapide.

#### **5.1.1. Géologie et formations superficielles**

Le bassin-versant de l'Oued Koriche est caractérisé par la présence de terrains métamorphiques relativement imperméables (micaschistes et calcaires métamorphiques), favorisant ainsi une réponse hydrologique de type hortonien (Benseddik et Djabri, 2003). En surface, le bassin-versant de l'Oued Koriche est

formé de schistes altérés et d'autres formes d'érosion actives (mouvement de masse, érosion hydrique, érosion torrentielle) qui font de lui un lieu favorable à la formation des écoulements très chargés en matières solides ; ces derniers peuvent dans certains cas extrêmes se transformer en coulées boueuses .

### 5.1.2. Physiographie et réseau hydrographique

Les caractéristiques physiographiques d'un bassin-versant jouent un rôle déterminant dans son comportement hydrologique.

**1. *Forme*** : le bassin-versant de l'Oued Koriche a une forme trapue ( $KG = 1,87$  ;  $klemniscate = 3$ ), favorisant l'arrivée concomitante d'écoulements provenant des différents sous-bassins versant jusqu'à l'exutoire final, ce qui donne un caractère polygénique à la réponse hydrologique. Les cellules équidistantes responsables du pic de la réponse hydrologique se localisent principalement dans la partie aval du bassin-versant ; elles prennent spatialement la forme d'un « chou-fleur » qui renseigne sur la présence d'un réseau structuré efficace par rapport à la forme du bassin-versant dans lequel il s'insère.

**2. *Réseau hydrographique*** : le bassin-versant de l'Oued Koriche présente un réseau hydrographique dendritique connu par sa capacité à transmettre rapidement les crues vers l'aval.

Le réseau est dense, formé de 55 segments dont 39 appartiennent à l'ordre 2 ; ces segments élémentaires ont un régime torrentiel, en particulier dans la partie aval et en amont au niveau de la confluence des segments d'ordre 3 à 4 (les segments d'ordre 3 sont deux fois plus longs que les segments d'ordre 4). Le calcul des indices d'efficacité structurelle vient corroborer ce constat :  $IE = 45$  dans le sous-bassin-versant de Baranes situé en amont,  $IE = 41$  au niveau du sous-bassin-versant du Chemin du Fort en aval et  $IE_{max} = 52$  à l'exutoire. Le réseau hydrographique du bassin-versant de l'Oued Koriche favorise ainsi le dé-

veloppement de réponses hydrologiques à caractère torrentiel lors d'épisodes pluvieux de forte intensité.

**3. Système de pentes :** il est doté de pentes parfois très raides (maximum :  $42^\circ$ ). La courbe hypsométrique présente une répartition déséquilibrée : 60 % de la surface du bassin-versant présentent des altitudes supérieures à la moyenne. Le système de pentes peut être qualifié d'efficace à l'échelle globale comme à l'échelle locale ( $IEP_{\max} = 32$  ; cf. 6.18). Ainsi, le système de pentes favorise le développement des crues et des ruissellements superficiels rapides en différents points du bassin-versant de l'Oued Koriche et force le caractère polygénique de la réponse hydrologique.

On déduit donc que plus l'intensité de l'événement météorologique reçu par le système morphologique (forme, structure du réseau de drainage, système de pente combinés ; du bassin-versant de l'Oued Koriche est élevé, plus les réponses hydrologiques de type hortonien sont favorisées et le caractère polygénique de la réponse hydrologique plus prononcé, rendant ainsi la réponse hydrologique du bassin-versant de l'Oued Koriche plus rapide et violente.

### 5.1.3. Climat

D'un point de vue climatique, la région d'Alger est soumise à un climat de type méditerranéen, caractérisé par ses événements météorologiques intenses (cyclogénèse, système perturbé provenant de l'Atlantique Nord, systèmes convectifs de méso-échelle et orages orographiques). Sur un siècle d'enregistrement à la station de Bouzaréah (1908-2007), on a pu dénombrer 23 événements à caractère intense ( $80 \text{ mm}/24 \text{ h}$  ;). Les reliefs bordant le bassin méditerranéen présentent également un facteur amplificateur des instabilités en forçant, par ascendance orographique, les masses d'air provenant de la Méditerranée. Ainsi, le bassin-versant de l'Oued Koriche se développe sous un climat où les événements météorologiques à caractère remarquable sont fréquents et omniprésents.

## 5.2. Facteurs de déclenchement

La catastrophe observée le 10 novembre dans le bassin-versant de l'Oued Koriche a été déclenché en premier lieu par une configuration synoptique arrivée le 9 novembre 2001, restant stationnaire sur l'Ouest algérien. D'un point de vue des cumuls pluviométriques, l'événement des 9-10 novembre 2001 est resté le plus important, sur une série d'observation de plus de 100 ans. Néanmoins, en absence de données sur la répartition spatio-temporelle des événements du passé, l'intensité de l'événement (*i.e.*, répartition du cumul pluviométrique enregistré à des laps de temps plus au moins fins), donc les deux pics de 50 mm/30 min observés le jour de l'événement, ne peuvent être qualifiés par rapport aux événements du passé.

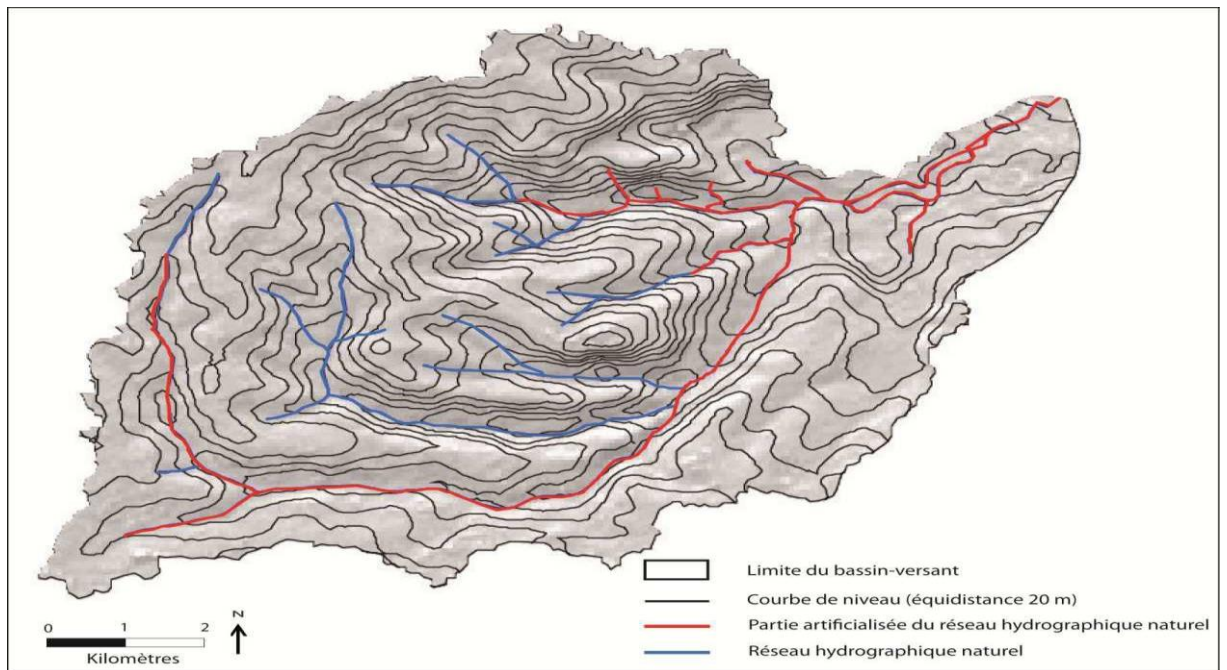
## 5.3. Facteurs d'aggravation

Ils se résument principalement aux facteurs anthropiques. L'anthropisation du bassin-versant de l'Oued Koriche a aggravé les risques hydrométéorologiques non seulement directement eu égard à la forte intensité de la population installée en cet endroit (vulnérabilité plus forte) mais aussi indirectement à travers les aménagements réalisés dans le bassin-versant, conduisant au dysfonctionnement de son système morphologique.

### 5.3.1. Artificialisation du réseau hydrographique

Depuis 1874, le réseau hydrographique du bassin-versant de l'Oued Koriche a subi de gros travaux d'artificialisation. Aujourd'hui, seule une infime partie de ce réseau se trouve plus au moins à l'état naturel (fig. 5.1). Le reste est remplacé par des canaux (souterrain et/ou à ciel ouvert) de structure homogène et uniforme, à tracé direct, soumis en totalité à un fonctionnement gravitaire. L'artificialisation du réseau hydrographique et sa déconnexion avec son environnement naturel (zone d'expansion des crues) a provoqué un double risque au niveau de l'Oued Koriche. Le premier est lié à la structure et au mode de fonc-

tionnement du réseau d'assainissement mis en place, qui accélèrent la formation des crues ainsi que leur transfert vers l'aval et augmentent énormément le débit de pointe, rendant ainsi le bassin-versant vulnérable à des événements météorologiques jugés autrefois comme courants (augmentation du niveau de risque). Le deuxième impact de l'artificialisation du réseau hydrographique est lié à la large extension urbaine que connaît le bassin-versant de l'Oued Koriche, dont plus de 40 % de la superficie totale sont urbanisés. L'abstraction de l'eau du paysage de la ville engendre, chez les citoyens comme chez les responsables des collectivités locales, l'oubli et l'inconscience de sa présence, ce qui les incite à occuper des espaces fortement vulnérables, tels que les zones d'expansion naturelle des crues, le lit moyen voire même le lit mineur ainsi que l'exutoire du bassin-versant.



**Fig. 5.1. Etat actuel du réseau hydrographique.**

### **5.3.2. Système de récupération et d'évacuation des eaux pluviales : collecteur de l'Oued M'Kacel**

Actuellement, la totalité des eaux pluviales drainées par le bassin-versant de l'Oued Koriche est censée être évacuée par le collecteur Oued M'Kacel, collecteur mixte qui assure à la fois l'évacuation des eaux usées et les eaux plu-

viales. au fin 2012, un nouveau réseau hydraulique dédié uniquement à l'évacuation des eaux pluviales à entré au service .

Actuellement, le collecteur de l'Oued M'Kacel est formé par un tronçon principal d'une forme ovoïdale mesurant 12-18 cm de diamètre en amont (tête d'ouvrage) et 43,5-45 cm en aval ; de nombreux changements de sections sont présents entre l'amont et l'aval, impliquant un changement dans la capacité d'évacuation. Les changements de section croissent vers l'aval mais pas forcément proportionnellement à la croissance de la surface drainée. Par exemple, entre l'amont et la confluence des deux sous-bassins versants de Sidi Medjber et Frais Vallon, la section du collecteur ne change pas alors que la section drainée passe de près de 200 ha à 360 ha : c'est à cette confluence que le collecteur de l'Oued M'Kacel s'est effondré lors de la crue du 10 novembre 2001. Le tronçon principal est connecté à plusieurs autres tronçons secondaires qui assurent la collecte les eaux des affluents de l'Oued Koriche et celle des eaux usées domestiques. La connexion entre les différents éléments du réseau hydrographique (oued naturel, canal et collecteur) est assurée par sept ouvrages hydrauliques (fig. 5.2).

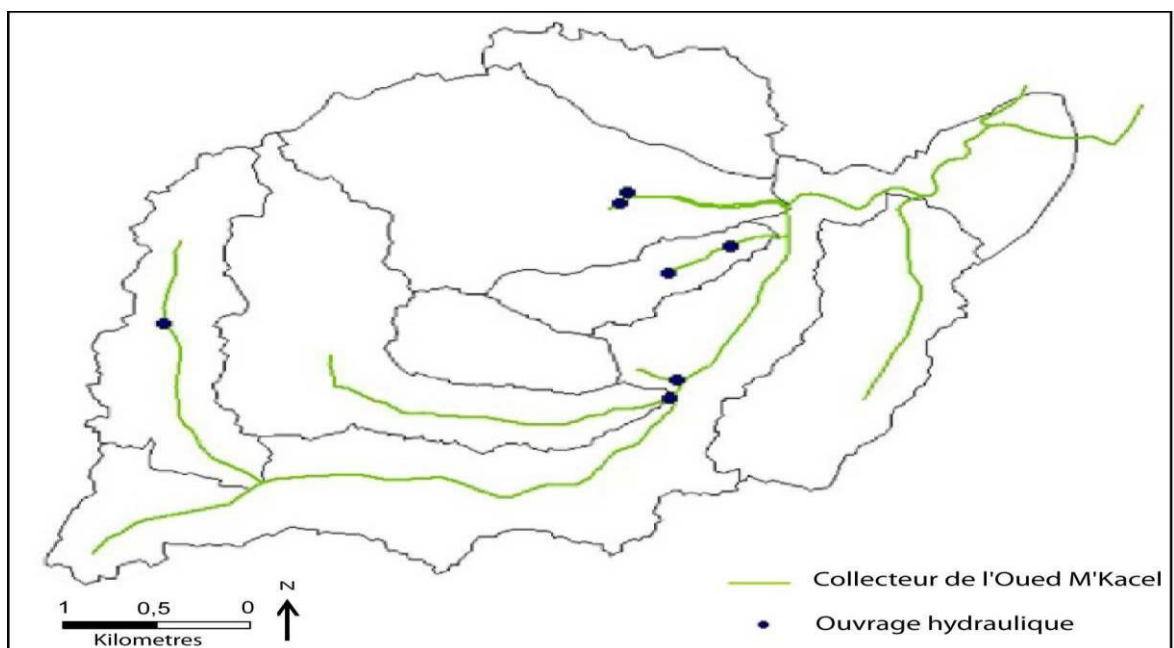


Fig. 5.2. Collecteur de l'Oued M'Kacel et l'emplacement des ouvrages de raccordement.

### 5.3.2.1.1. Les ouvrages hydrauliques du collecteur Oued M'Kacel

Les ouvrages qui assurent la connexion entre les lits des oueds naturels et le collecteur ou encore entre ce dernier et les canaux à ciel ouvert, s'organisent de l'amont vers l'aval du bassin-versant de l'Oued Koriche comme suit :

#### A. Ouvrage hydraulique de réception de Baranes

Administrativement, l'ouvrage est sur le territoire de la commune de Bouzaréah. Il se trouve à 280 m d'altitude et est destiné à canaliser l'oued principal du sous-bassin-versant de Baranes. Il mesure 2 m de hauteur, est doté d'une buse de 125 cm de diamètre. La capacité maximale théorique de l'ouvrage est estimée à  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , tout comme le débit maximal que le collecteur ovoïdal peut évacuer (fig. 5.3).



Fig. 5.3. Etat de l'ouvrage Baranes.

Selon les observations faites sur le terrain, un canal à ciel ouvert de 1 m de hauteur et de près de 2 m de largeur assure la transition entre l'ouvrage hydraulique de réception et le lit mineur de l'oued naturel. Ce canal est encombré de

toutes sortes de déchets (bouteilles et poches plastiques, cartons, branches et troncs d'arbres, végétation herbacée ; fig. 5.3). Le long du canal à ciel ouvert, quatre grillages sont installés à l'horizontale. Ces grillages sont séparés d'une distance d'environ 25 m (fig. 5.4) et leur rôle principal est d'empêcher les déchets d'entrer dans l'ouvrage hydraulique.



Fig. 5.4. Canal à ciel ouvert situé en amont de l'ouvrage hydraulique de réception.

### ***B. Ouvrage hydraulique de réception de Sidi Medjber***

L'ouvrage Sidi Medjber se trouve également sur la commune de Bouzaréah. Il appartient au sous-bassin-versant de Sidi Medjber à une altitude de 121 m. Il mesure 7 m de hauteur et est pourvu d'un collecteur ovoïdal de 15 m. L'ouvrage peut drainer théoriquement un débit maximal de  $25 \text{ m}^3/\text{s}$  mais en réalité, il ne draine que  $17 \text{ m}^3/\text{s}$ , une valeur correspondant à la capacité maximale de son collecteur ovoïdal (fig. 5.5).

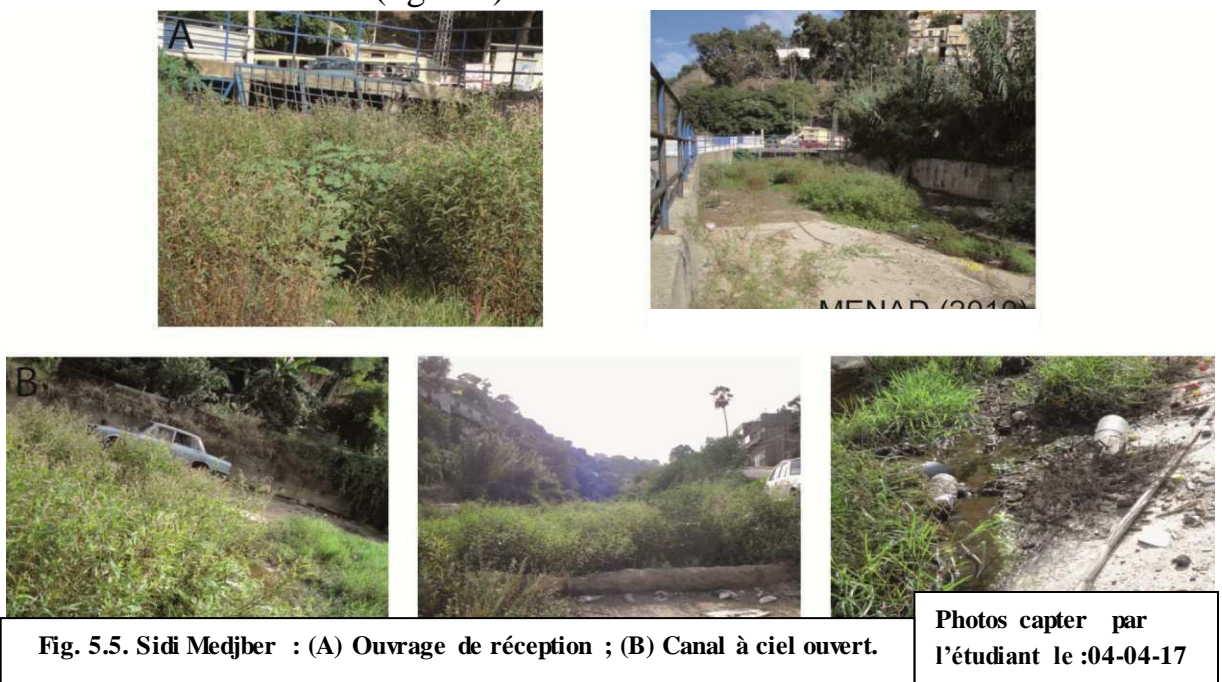


Fig. 5.5. Sidi Medjber : (A) Ouvrage de réception ; (B) Canal à ciel ouvert.

Selon les observations faites sur le terrain, le canal à ciel ouvert, qui assure la connexion entre l'ouvrage hydraulique et le lit de l'oued naturel, mesure 1,5 m de hauteur et près de 6 m de largeur. Actuellement, le canal est encombré avec de nombreux déchets (bouteilles et poches en plastique, branches et troncs d'arbres, végétation, rejets alimentaires, épave de voiture !!...) et est envahi en grande partie par de la végétation (herbacée et ligneuse) qui s'est installée au-dessus du canal (fig. 5.5).

Selon les habitants du quartier, en comparant la profondeur du canal actuel avec celle du lit de l'oued naturel, cette dernière était beaucoup plus profonde. Ils confirment également que le canal déborde à plusieurs reprises dans la même année (en particulier en automne et en hivers). Selon les constats faits sur le terrain et le témoignage des personnes interrogées, une quantité d'eau importante ruisselle sur la route principale qui longe le quartier résidentiel : les eaux se concentrent ainsi de l'amont vers l'aval jusqu'à atteindre des vitesses importantes (un enfant ne peut pas traverser), ne pouvant ainsi rejoindre le canal à ciel ouvert et, par la suite, ne pouvant pas être évacuées par l'ouvrage hydraulique de réception de Sidi Medjber. L'ensemble des eaux ruisselantes rejoint la voie rapide Chevaly-Triolet et participe directement à la formation du débit de pointe à l'exutoire du bassin.

### ***C. Ouvrage hydraulique de réception de Frais Vallon***

Cet ouvrage appartient à la commune de Bouzaréah. Il se trouve à 128 m d'altitude, dans le sous-bassin-versant de Frais Vallon. Il mesure 6,5 m de hauteur et est pourvu d'un collecteur circulaire d'1 m de diamètre capable de drainer un débit maximal de  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  (fig.5.6).

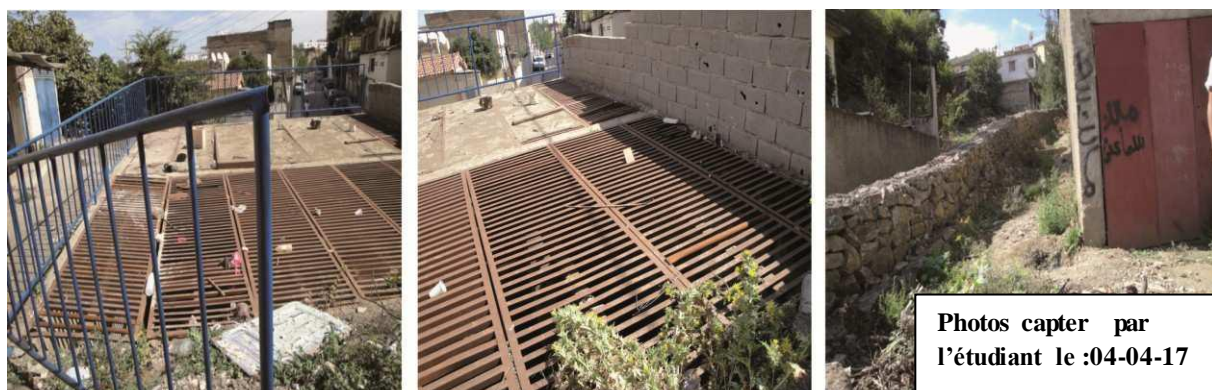


**Fig. 5.6. Ouvrage hydraulique de réception de Frais Vallon**

A proximité de l'ouvrage hydraulique, on trouve différents types de rejets (bouteilles et poches en plastique, cartons, branches et troncs d'arbres...) ; on trouve également de la végétation qui commence à envahir le lit de l'oued. A côté de cet ouvrage s'est installé un chantier dans le cadre du projet de dédoublement du réseau d'assainissement. Et sans aucune précaution, les rejets de ce chantier (sol, béton, barre de fer...) sont placés juste à côté de l'ouvrage hydraulique de réception. En période automnale, une telle pratique peut entraîner de graves dysfonctionnements au niveau de l'ouvrage. Vu la proximité des différents déchets (rejets de chantier et ménagers ; fig. 5.7), un événement pluvial d'intensité moyenne est suffisant pour former des embâcles au niveau des grillages qui protègent l'ouvrage hydraulique de l'extérieur, bloquant ainsi la transition des eaux de pluies vers le réseau d'évacuation. Ce qui est étonnant, c'est que les responsables du chantier sont des ingénieurs du génie civil et en hydrologie, pratiquant cela en toute conscience du risque généré. Et pour faire face à ce risque, ils ont couvert les grillages qui entourent l'ouvrage (sauf la façade qui donne sur le lit) par des plaques métalliques dans le but d'empêcher les rejets de rejoindre l'ouvrage. Cependant, cette pratique augmente le risque de formation d'embâcles. On se rendant sur le terrain après l'épisode pluvieux de 13/10/2010, on a constaté que les remblais de terre déposés en amont de l'ouvrage ont glissé pour rejoindre ce dernier.

#### ***D. Ouvrage hydraulique de réception de Scotto Nadal***

L'ouvrage appartient à la commune de l'Oued Koriche. D'un point de vue hydrographique, l'ouvrage draine l'oued principal du sous-bassin-versant de Scotto Nadal. Il mesure 6,5 m de hauteur, est pourvu d'un collecteur circulaire de 1,5 m de diamètre et sa capacité maximale théorique de drainage est estimée à 25 m<sup>3</sup>/s mais du fait que la capacité d'évacuation de l'ouvrage elle-même ne dépasse pas 12 m<sup>3</sup>/s, la capacité maximale du collecteur ne peut pas être atteinte (fig. 5.7).



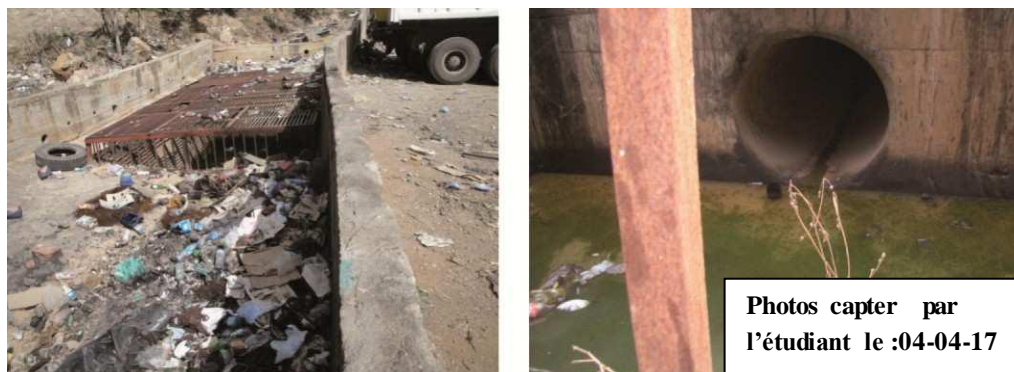
**Fig. 5.7. Ouvrage hydraulique de réception de Scotto Nadal.**

L'ouvrage Scotto Nadale se trouve au cœur d'un quartier résidentiel, ce qui limite les pratiques de rejets des ordures, laissant ainsi cet ouvrage dans un état relativement propre par rapport aux autres ouvrages évoqués ci-dessus.

#### ***E. Ouvrage hydraulique de réception de Jaubert***

Administrativement, l'ouvrage est sur la commune de l'Oued Koriche. D'un point de vue hydrographique, il se situe dans le sous-bassin-versant du Chemin du Fort. L'ouvrage est doté d'une buse de 1,5 m de diamètre. En réalité cet ouvrage, et comme son nom l'indique, il ne reçoit pas les eaux du Chemin du Fort mais est destiné à évacuer les eaux du sous-bassin-versant Jaubert. Afin d'élargir l'exploitation de la carrière Jaubert, l'oued principal qui draine le sous-bassin Jaubert a été détourné et verse actuellement ses eaux au niveau du sous-bassin du Chemin du Fort (fig. 5.8). Après les crues de 2001 et par le biais d'un

canal souterrain, l'ouvrage reçoit également les eaux pluviales drainées par la partie nord-est du Chemin du Fort.



**Fig. 5.8. Ouvrage hydraulique de réception Jaubert.**

Selon les observations faites sur le terrain, un canal à ciel ouvert assure la transition entre l'ouvrage hydraulique et le lit de l'oued naturel. Le canal mesure 1,5 m de hauteur et près de 2 m de largeur. Actuellement, il est encombré par de nombreux déchets (bouteilles et poches plastiques, branches et troncs d'arbres, pneus de voitures...) et est envahi en certains endroits par de la végétation (fig. 5.9).



**Fig. 5.9. Canal à ciel ouvert connecté en amont à l'ouvrage de réception Jaubert.**

En aval de l'ouvrage hydraulique, un collecteur à ciel ouvert de 1,5 m de largeur et près de 500 m de longueur est installé le long de la route qui longe le quartier et qui rejoint la voie rapide Chevalet-Triolet à l'exutoire du sous-bassin-

versant du Chemin du For (fig. 5.10). En certains endroits de l'ouvrage, de nombreux déchets s'accumulent et forment des embâcles, rendant le canal partiellement voire totalement dysfonctionnel.

#### **A. *Ouvrage hydraulique de réception de Chemin du Fort***

L'ouvrage appartient administrativement à la commune de l'Oued Koriche mais d'un point de vue hydrographique, il se trouve dans le sous-bassin-versant du Chemin du Fort. Il mesure 6,5 m de hauteur et est constitué de trois collecteurs circulaires de 1,5 m de diamètre.

Il assure la connexion entre l'oued naturel et le collecteur de l'Oued M'Kacel. Juste avant ce point de connexion, un système en escalier a été mis en place afin de casser la grande vitesse (due aux fortes pentes) avec laquelle l'eau arrive à l'ouvrage. Il a une capacité théorique maximale de drainage égale à  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  mais la capacité de son ovoïde a été estimée uniquement à  $16 \text{ m}^3/\text{s}$  : cela veut dire qu'en pratique, c'est uniquement un débit de  $16 \text{ m}^3/\text{s}$  qui peut rejoindre le réseau souterrain. Après l'événement des 9-10 novembre 2001, l'ovoïde de 1,5 m a été dédoublé par un autre de 2 m de diamètre. Actuellement, le collecteur est doté d'une capacité maximale théorique d'évacuation de l'ordre de  $55 \text{ m}^3/\text{s}$  (fig. 5.11). Cette valeur de débit reste très théorique : en réalité, la connexion entre l'ancien tronçon et le nouveau se fait d'une manière brutale, formant ainsi une singularité hydraulique importante qui provoque une perte de charge à cet endroit, donc une diminution de débit maximal. On n'a pas pu obtenir d'informations précises sur la structure de ce nœud de connexion, la perte de charge exacte occasionnée par ce dernier restant inconnue et toute valeur avancée ne pouvant être qu'approximative.



Fig. 5.10. Collecteur à ciel ouvert. A : en aval de l'ouvrage Jaubert ; B : le long de la route qui traverse le quartier ; C : Encombres et embâcles formés par différents matériaux.



Fig.5.11. Ouvrage hydraulique Chemin du Fort.

L'ouvrage du Chemin du Fort est relativement plus propre (peu de rejets) que les ouvrages précédents en raison de sa proximité immédiate avec les habitations.

### 5.3.2.2. Issu ou point de rejet du collecteur de l'Oued M'Kacel

Le collecteur de Oued M'Kacel rejette ces eaux dans la mer *via* deux principales issues :  
la première est directement reliée à la mer alors que la seconde se trouve à environ 15 m de celle-ci, rejetant ces eaux sur la plage sableuse qui se trouve à

l'exutoire du bassin-versant de l'Oued Koriche (fig. 5.12). La libération des eaux au niveau de ce second point de rejet s'effectue *via* 4 ovoïdes d'environ 1 m de diamètre. En période estivale, le point de rejet est a sec et très envahi par la charge sableuse, ce qui n'est pas le cas le reste de l'année où le niveau de la mer augmente et les vagues s'écrasent directement sur le réseau.



Fig. 5.12. Issu du collecteur de l'Oued M'Kacel.

### 5.3.2.3. Les travaux d'entretien du réseau

La partie souterraine du collecteur de l'Oued M'Kacel a connu de gros travaux de curage, menés *via* la direction de l'assainissement par la *Société des Eaux et d'Assainissement d'Alger : SEAAL*. Ce projet d'entretien a commencé en septembre 2008 et il n'a été achevé qu'à la fin juin 2009 (10 mois de travaux ; fig. 5.13). Selon les responsables du projet, le collecteur Oued M'Kacel est à présent fonctionnel sur l'ensemble de son tronçon souterrain.



Fig. 5.13. Travaux de curages à l'intérieur du collecteur Oued M'Kacel.

En ce qui concerne la partie aérienne du collecteur Oued M'Kacel, et selon les responsables du SEAAL, celle-ci ne relève pas de leurs fonctions. En principe, les travaux d'entretien du réseau de surface doivent être pris en charge par les services communaux. Ces derniers doivent assurer la propreté et le curage à la fois du réseau hydraulique à ciel ouvert et du lit et des berges de l'oued naturel. Nous nous sommes adressés alors aux services communaux et avons été surpris par l'absence totale de planification des travaux d'entretien à l'échelle de l'année ou pluriannuelle. La plupart de leur intervention de terrain restent ponctuelles, par exemple suite à un débordement au niveau du réseau d'assainissement, propres à évacuer les eaux qui s'accumulent sur les routes et au niveau des quartiers, ou encore pour déboucher des avaloirs... Concernant l'état actuel du réseau hydrologique aérien, la seule explication qu'on a pu obtenir auprès des collectivités locales s'est résumée au manque de financements. Mais quand on voit les moyens humains et matériels mobilisés lors d'un dysfonctionnement du réseau (ouvriers à plein temps, camions, outils de curage, pompes à eau de haute capacité...), on se rend compte qu'en réalité, ce ne sont pas les moyens qui manquent : là aussi, c'est l'ignorance qui règne et la notion de prévention n'est pas prise en compte dans les politiques de gestion.

*Il est inadmissible de laisser à l'abandon les ouvrages hydrauliques qui ne drainent les eaux pluviales que par une seule issue vers le collecteur Oued M'Kacel.*

#### **5.3.2.4. Dédoublage du collecteur de l'Oued M'Kacel**

Après les crues de novembre 2001 et mis à part les quelques travaux de gabionnage réalisés au niveau des berges des oueds naturels, le projet du *dédoublage du collecteur de l'Oued M'Kacel* reste l'unique aménagement réalisé afin de faire face et réduire le risque de formation des ruissellements superficiels et des crues rapides dans le bassin-versant de l'Oued Koriche. L'exécution de tels tra-

vaux est prise en charge par le groupement CSM Bessac Hydro Technique (GBH), sous le contrôle de la Direction des Ressources Hydrauliques et de l'Economie de l'Eau de la Wilaya d'Alger (DHW). Il s'agit d'un collecteur dédié exclusivement à l'évacuation des eaux pluviales, contrairement au collecteur initial de l'Oued M'Kacel qui assure la collecte simultanée des eaux usées et pluviales. Le nouveau collecteur longe le bassin-versant de l'Oued Koriche d'amont en l'aval, assurant donc la jonction entre l'oued secondaire Baranes et le point de rejet en mer. Il s'étale sur plus de 4,5 km de tunnels circulaires bétonnés de 4 m de diamètre, dans le but d'assurer l'évacuation d'un débit maximal de  $63 \text{ m}^3/\text{s}$  (fig. 5.14). Il s'agit principalement d'un réseau souterrain de 350 m uniquement, construit à ciel ouvert.

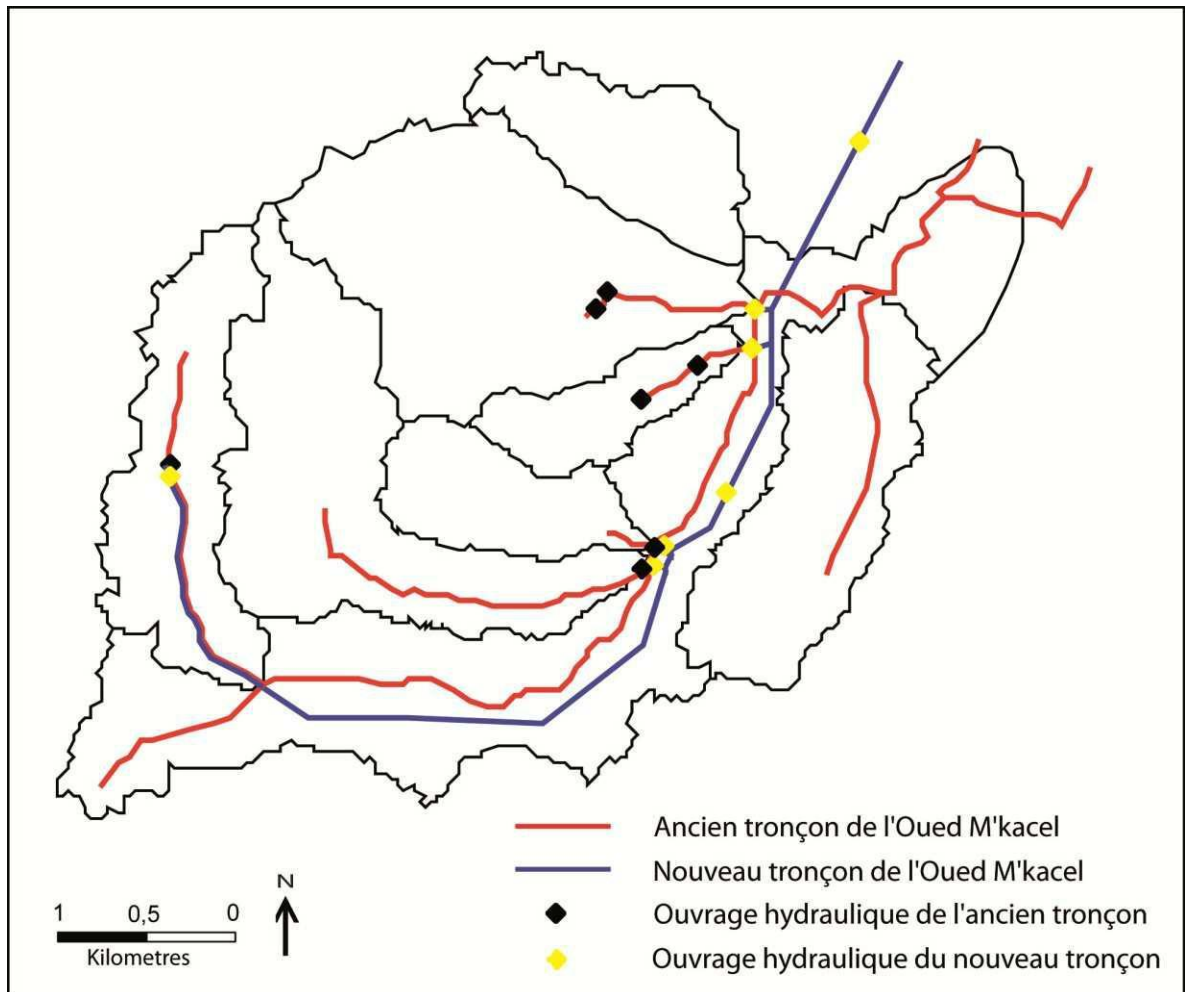


Fig. 5.14. Dédoublage du collecteur de l'Oued M'Kacel.

Dans le cadre de ce projet, 6 puits de 32 à 54 m de profondeur ont été réalisés. Quatre d'entre eux assurent le raccordement entre le collecteur initial de

l'Oued M'Kacel et le nouveau réseau souterrain. Ces ouvrages de raccordements sont de l'amont vers l'aval : Baranes, Sidi Medjber, Frais Vallon et Scotto Nadal. Un puits de chute est réalisé à proximité de la voie rapide, à mi-chemin entre Frais Vallon et Scotto Nadal, dans le but de diminuer la force du débit avant que les écoulements n'atteignent les ouvrages de raccordement plus en aval. L'ouvrage Jaubert quant à lui joue une double fonction : il assure le raccordement entre les deux tronçons, ancien et nouveau, du collecteur de l'Oued M'Kacel et est conçu pour assurer la fonction d'un ouvrage de chute. Le dernier puits est à 350 m du point de rejet : il assure le passage entre de tunnelier souterrain et le canal à ciel ouvert (fig. 5.15). Le point de rejet de ce nouveau tronçon du collecteur de l'Oued M'Kacel se trouve en mer.



**Fig. 5.15. A et B : Puits de raccordement à Frais Vallon ; C : Point de rejet en mer.**

Les travaux sont en grande partie achevés, l'ensemble du canal est accompli et les puits sont tous creusés et blindés ; il reste uniquement quelques travaux de raccordement avec l'ancien tronçon de l'Oued M'Kacel ainsi que des ouvrages de raccordement avec le réseau hydrographique. Son achèvement total est prévu pour fin 2012. Ce nouveau tronçon sera prioritaire sur l'ancien tronçon de l'Oued M'Kacel, donc en cas d'épisode pluvieux c'est celui-ci qui assurera la collecte des eaux pluviales et quand il atteindra la saturation, le surplus sera alors dirigé vers l'ancien tronçon du collecteur.

Concernant le tronçon initial, les ouvrages hydrauliques de réception sont mal entretenus, encombrés par tous sortes de déchets et souvent envahis par la végé-

tation. Les entrées des ouvrages hydrauliques sont toutes protégées de l'extérieur par des grilles à maillage relativement fin. En cas de pluies, les déchets qui s'accumulent à proximité des ouvrages hydrauliques, dans l'oued naturel et les canaux à ciel ouvert, seront entraînés vers eux et formeront aussitôt des embâcles au niveau de leur grillage, empêchant ainsi les eaux pluviales de gagner le collecteur souterrain. Par la suite, les eaux vont ruisseler en surface, se concentrer sur les linéaires (préférentiellement les routes) et regagner la voie rapide Chevaly-Triolet qui les acheminera à l'exutoire du bassin-versant de l'Oued Koriche. Un scénario dans lequel la partie souterraine du collecteur de l'Oued M'Kacel sera obturée est fortement probable vue l'état actuel de son réseau aérien. Le fait d'augmenter la capacité d'évacuation de ce dernier peut en théorie diminuer le risque de ruissellement superficiel et de crue mais en réalité, et si les pratiques ne changent pas sur le terrain, l'eau risque de ne jamais atteindre ce réseau.

### **5.3.3. Mode d'occupation du sol dans les sous-bassins versants de l'Oued Koriche**

Nous avons tout d'abord analysé les modes d'occupation du sol et leur impact sur le développement de la réponse hydrologique globale du bassin-versant de l'Oued Koriche puis on a déduit que l'évolution de l'occupation du sol a pu avoir un double impact sur celle-ci : 1) l'emprise urbaine a provoqué une imperméabilisation croissante des surfaces et les volumes des eaux ruisselantes sont ainsi augmentés, engendrant une augmentation du débit de pointe ;

2) la réorganisation de la réponse hydrologique a renforcé son caractère polygénique et provoquer une augmentation du débit de pointe observé à l'exutoire. Dans cette partie, l'exposition de la surface physique (tissus urbain, réseau routier, infrastructures) face à l'aléa hydrométéorologique sera analysé à une

échelle encore plus fine que celle du bassin-versant, à savoir celle du sous-bassin-versant.

### 5.3.3.1. Sous-bassin-versant de Baranes (partie amont de l'Oued Koriche)

Le sous-bassin-versant de Baranes est à 70 % occupé par le tissu urbain. Le couvert végétal ne représente que 17 % de sa surface totale, le reste étant soit du sol nu soit du réseau routier (fig. 5.16). La route principale qui longe le quartier résidentiel est construite exactement sur le lit mineur du sous-bassin de Baranes : elle est reliée de l'amont vers l'aval à plusieurs ruelles et rejoint la voie rapide Chevalet-Triolet à l'exutoire du sous-bassin.

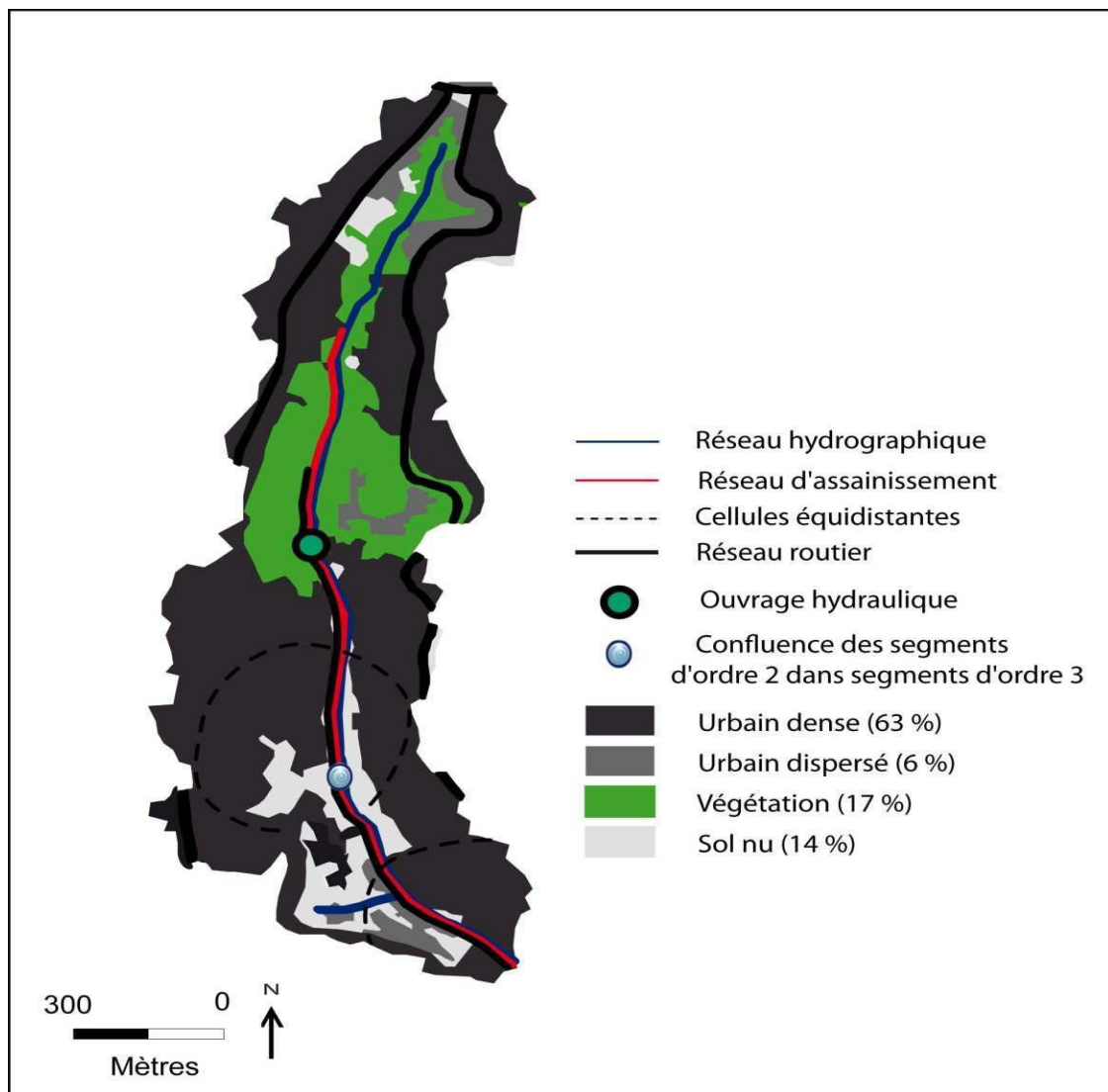


Fig. 5.16. Occupation du sol dans le sous-bassin de Baranès.

Les cellules équidistantes responsables de la génération du débit de pointe à l'exutoire ainsi que la confluence des segments élémentaires d'ordre 3 dans les drains d'ordre 4 (zone de développement des crues ) se trouvent toutes en aval de l'ouvrage hydraulique de réception. Ainsi, les principaux volumes d'eau ruisselée générés dans le sous-bassin-versant et par la suite celles des crues qui en découlent ne sont pas collectés par l'ouvrage Baranes. Les avaloirs, qui assurent l'acheminement des eaux ruisselées en surface vers le collecteur souterrain, n'ont pas la capacité d'évacuer l'ensemble des volumes d'eaux générés, d'autant plus que ceux-ci sont en grande partie non fonctionnels. Ainsi, les eaux ne trouvent pas d'issue pour pénétrer dans de réseau souterrain ; elles ruissellent en surface et se concentrent jusqu'à l'exutoire du sous-bassin-versant où elles rejoignent la voie-rapide Chevalet-Triolet.

On en déduit donc que la plus grande partie des volumes d'eau générés dans le sous-bassin-versant de Baranes n'ont pas la possibilité de rejoindre le collecteur de l'Oued M'Kacel et participera ainsi à la production du débit de pointe à l'exutoire du bassin-versant.

Au-delà de l'ouvrage hydraulique, en longeant le sous-bassin vers l'amont à environ 400 mètres, on perd la trace du lit de l'oued. À la place du lit mineur, on trouve des constructions bétonnées (atelier, maisons anciennes d'autre en cours de constructions...) et de la végétation. Ces bâtis sont installés légalement dans le lit mineur de l'oued, et ils sont tous dotés d'un permis de construire (fig. 5.17).



Fig. 5.17. Clichés illustrant les pratiques anthropiques en amont du sous-bassin-versant de Baranes.

En aval de l'ouvrage, les versants sont fortement urbanisés, l'ensemble des quartiers sont reliés à la route principale, construite directement sur le lit mineur qu'on longe jusqu'à l'exutoire du sous-bassin Baranes pour rejoindre la voie rapide Chevalet-Triolet (fig. 5.18).

On conclut que le sous-bassin-versant de Baranes est fortement urbanisé sur ces deux rives et une urbanisation s'est et continue à se développer d'une manière plus au moins sauvage sans prendre en compte les risques existants sur le terrain. Ici, l'emprise urbaine, en plus des impacts relevés auparavant (imperméabilisation, réorganisation de la réponse hydrologique, a diminué énormément

ment (voire inhibé) l'efficacité du réseau d'évacuation des eaux pluviales et ce, en se servant du canal à ciel ouvert ainsi que des versants du sous-bassin comme d'une décharge sauvage (fig. 5.18). Cette pratique participe également à augmenter les taux de recharge des eaux en matières solides. Ces eaux chargées ont eu des conséquences dramatiques lors de la catastrophe du 10 novembre 2001.



**Fig. 5.18. Décharges sauvages.**

Pour donner un exemple concret concernant les pratiques d'urbanisme aberrantes exercées dans le sous-bassin-versant de Baranes, nous avons pris le cas d'une école primaire.

Cette école est construite au niveau du lit moyen voire mineur de l'oued principal qui draine le sous-bassin-versant, exactement à moins de 3 m de l'ouvrage hydraulique (fig. 5.19A). A droite de l'ouvrage, parallèlement au mur de l'école, nous trouvons un autre mur de 2,5 m de hauteur et de près de 300 m de longueur ; derrière celui-ci, les berges du bassin sont boisées, la porte d'entrée (qui est également une issue préférentielle des écoulements concentrés sur les berges) se trouve à 1 m de l'ouvrage hydraulique vers l'aval, exactement en face de la porte de l'école primaire (fig. 5.19). Ainsi, par son emplacement au niveau du lit de l'oued, par la proximité de l'ouvrage hydraulique (risque de formation d'embâcles et de débordement) ainsi que par le reste des éléments de l'environnement dans lequel il est installé (versant droit fortement urbanisé + eaux qui se concentrent sur le versant de rive gauche et dont l'issue préférentielle est en face de l'école), on en déduit que cet établissement qui accueille des

enfants est construit dans une zone rouge (dangereuse) dans laquelle le risque de voir se développer des crues et/ou des inondations est très fort.



**Fig. 5.19.** Paysage autour de l'ouvrage hydraulique.

### 5.3.3.2. Sous-bassin-versant de Sidi Medjber

Le sous-bassin-versant de Sidi Medjber est couvert par un tissu urbain sur plus de 45 % de sa surface totale. On remarque qu'il est beaucoup plus urbanisé sur sa rive gauche (fig.5.20) que sur celle de la droite. 27 % de la surface du sous-bassin-versant est couverte par de la végétation basse alors que le reste de la surface est à nu (fig. 5.21). C'est l'un des rares sous-bassins où une grande partie du réseau hydrographique a été conservé à l'état naturel.



**Fig.5.20.** Clichés pris sur la rive gauche du sous-bassin-versant de Sidi Medjber.

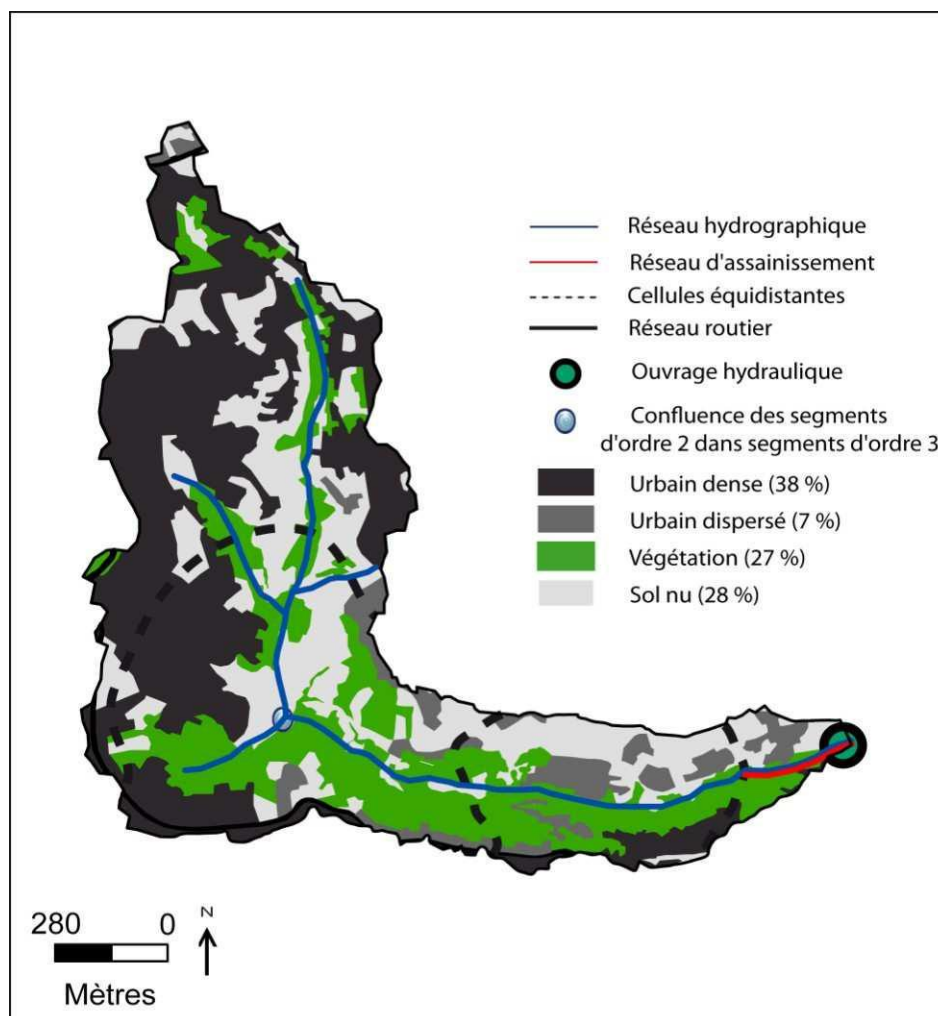


Fig. 5.21. Occupation du sol dans le sous-bassin-versant de Sidi Medjber.

Le passage du lit de l'oued au collecteur de l'Oued M'Kacel se fait dans la partie aval du sous-bassin-versant tout près de son exutoire, assuré par un canal à ciel ouvert puis un ouvrage hydraulique de réception. Pour un épisode pluvieux similaire à celui des 9-10 novembre 2001, il faut s'attendre à ce que le débit de crue qui arrive à l'ouvrage hydraulique soit d'environ  $26 \text{ m}^3/\text{s}$  (débit de pointe). Néanmoins, la capacité maximale du collecteur de Sidi Medjber est égale à  $17 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dans le cas où le collecteur fonctionne à 100 % de ces capacités (*i.e.*, dans le cas de réseaux mixtes, les collecteurs ne disposent jamais de leur pleine capacité d'évacuation), près de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  seront donc déversés directement sur la voie rapide Chevalet-Triolet. Mes enquêtes menées sur le terrain confirment ce constat, les citoyens témoignant que durant les périodes de pluie, le canal à ciel ou-

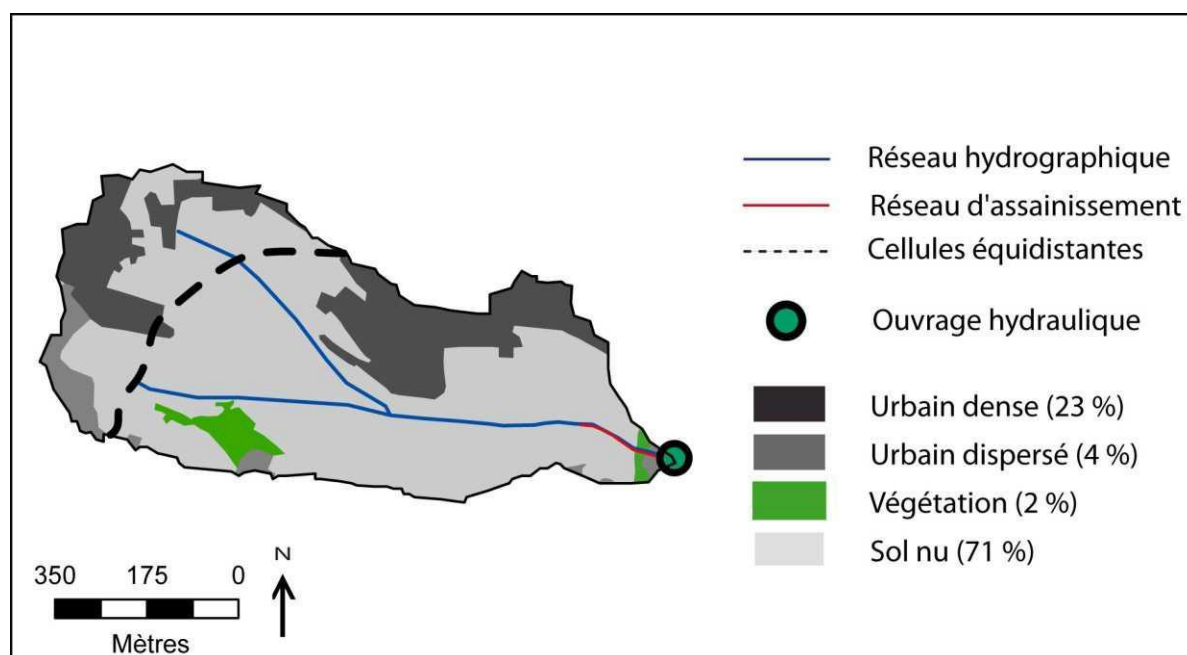
vert déborde à plusieurs reprises. Mais les enquêtes révèlent également un autre problème : les ruissellements superficiels générés sur les versants sont importants et se concentrent de l'amont vers l'aval sur le réseau routier, pour atteindre des vitesses importantes au niveau de la route parallèle au canal à ciel ouvert. Cette dernière se prolonge jusqu'à l'exutoire pour rejoindre la voie rapide Chevalet-Triolet. Ainsi, le réseau d'assainissement du Sidi Medjber présente une double anomalie fonctionnelle : la première est relative à l'incapacité de son ovoïde à évacuer l'ensemble des eaux générées en surface ; la seconde est liée à l'inefficacité de son réseau secondaire à collecter les eaux pluviales en différents points du sous-bassin-versant.

D'un point de vue hydrologique, on remarque que la bande de cellules équidistantes la plus importante se situe dans la partie amont du sous-bassin-versant ; elle prend une configuration en chou-fleur et s'étale majoritairement sur des zones urbaines. On a à faire donc à une configuration de cellules équidistantes naturellement efficaces, l'emprise urbaine venant renforcer cette efficacité en fournissant un volume d'eau supplémentaire. La zone de confluence des segments d'ordre 3 => ordre 4 se trouve dans la partie médiane du bassin à proximité du couvert végétal ligneux, relativement loin de la zone urbaine. Ainsi et selon l'état actuel de l'occupation du sol, les probables crues générés par cette *zone de confluence présente un niveau de risque modéré* (un niveau de vulnérabilité faible).

#### **5.3.3.3. Sous-bassin-versant de Frais Vallon**

Le tissu urbain dans le sous-bassin-versant de Frais Vallon présente 27 % de la surface totale alors qu'une infime partie (2 %) est couverte par de la végétation, le reste de la surface, soit 71 %, est à nu (fig. 5.22). Le réseau hydrographique est en grande partie conservé à l'état naturel, sa canalisation (à ciel ouvert puis en collecteur souterrain) a eu lieu tout près de l'exutoire. Pour une

pluie comparable à celle du novembre 2001, ce collecteur ne sera pas capable d'évacuer la totalité des écoulements générés dans le sous-bassin-versant. Dans le cas où l'ouvrage de réception fonctionnera à pleine capacité, le surplus sera d'environ  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ , mais en tenant compte de l'état actuel du collecteur ainsi que de ses caractéristiques intrinsèques (réseau mixte), les débordements seront sans doute beaucoup plus importants que la valeur théorique de  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Selon mes observations faites sur le terrain, l'oued principal du sous-bassin-versant de Frais Vallon existe encore sous sa forme naturelle. On observe juste avant le point de connexion, entre l'oued et l'ouvrage hydraulique, un système de gabionnage en escaliers construit en pierre, de plus de 2 m de hauteur et d'une dizaine de mètres de longueur.

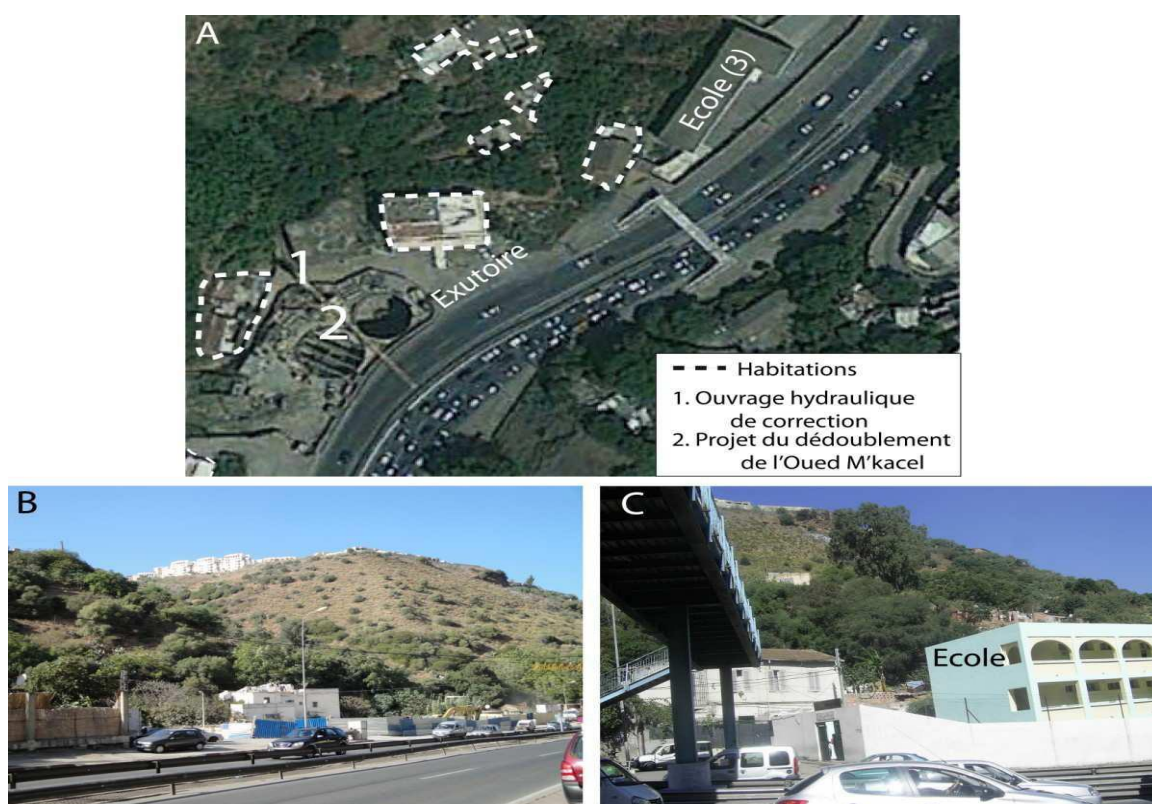
Un certain nombre d'habitations sont installés au niveau de l'exutoire du sous-bassin-versant et, en cas de saturation et de débordement de l'ouvrage hydraulique, elles risquent d'être inondées. Néanmoins, le danger le plus important qui menace ces habitations vient plutôt de leur proximité géographique avec la voie rapide Chevalet-Triolet. Lors des événements météorologiques intenses,

cette voie se transforme en un torrent et dans tel scénario, ces habitations seront grièvement endommagées voire même emportées.

On trouve également au bord de la voie rapide, à la sortie du sous-bassin-versant de Frais Vallon, une école primaire récemment construite (après la catastrophe du 10 novembre 2001). Une pratique qui relève encore une fois d'une négligence extrême du risque existant.

Même après un événement dont les dégâts ont été sans précédent, les pratiques n'ont pas changé (fig. 5.23).

Du fait de sa faible densité urbaine (niveau de vulnérabilité faible), de sa petite taille et de son réseau hydrographique peu développé (pas de zone de confluence de segments), le sous-bassin-versant de Frais Vallon, à l'exception de quelques bâtis placés en exutoire, présente un niveau de *risque hydrométéorologiquement faible*.



**Fig. 5.23.** Sous-bassin-versant de Frais Vallon (A). Image de Google Earth prise le 10 août 2011 (B). Vue d'ensemble sur la partie aval du sous-bassin (C). Une école primaire localisée à la sortie du bassin (en aval immédiat de l'exutoire du bassin-versant).

#### 5.3.3.4. Sous-bassin-versant de Scotto Nadal

Le sous-bassin-versant de Scotto Nadal a connu un important développement urbain (55 %), en particulier sur sa rive gauche. La végétation s'étale sur près de 17 % de la surface totale : il s'agit majoritairement d'espèces ligneuses. Plus de 28 % de la surface reste à nu (fig. 5.24).

La bande des cellules équidistantes prend une configuration naturellement efficace, l'influence *in situ* de l'emprise urbaine sur cette efficacité est négligeable vu que les cellules se trouvent dans une zone très peu urbanisée. Leur influence (accélération des vitesses d'écoulement et l'augmentation des volumes d'eau ruisselée) seront exercées plus en aval où le tissu urbain est plus dense. Le sous-bassin-versant de Scotto Nadal est doté d'un réseau hydrographique peu développé dépourvu de zone de confluence. En dehors de sa partie canalisée, le réseau hydrographique a longtemps conservé son état naturel mais après les crues de 2001, un système de gabionnage en escaliers a été mis en place, modifiant ainsi les caractéristiques naturelles des versants.

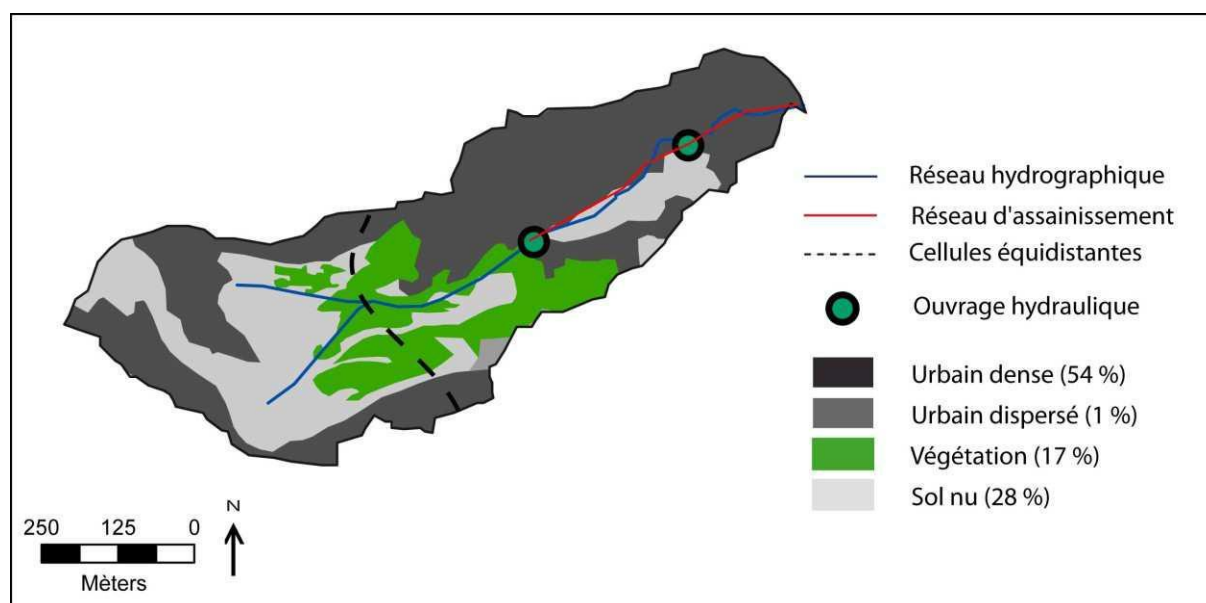


Fig. 5.24. Occupation du sol dans le sous-bassin de Scotto Nadal.

En amont de l'ouvrage hydraulique, on rentre dans de spacieuses propriétés privées et isolées, qui renferment des terrains vagues laissés à l'état sauvage et sur lesquels pousse de la végétation qui, par endroits, envahit le lit mineur de l'oued. Certains versants servent de décharges sauvages pour la population installée à proximité. En aval de l'ouvrage, on trouve un tissu urbain dense et structuré dont une partie est installée directement dans les lits moyen et mineur de l'oued principal qui draine Scotto Nadal. Au dessus du tronçon souterrain, une route longe le quartier jusqu'à l'exutoire où elle rejoint la voie rapide Chevalet-Triolet. Selon le témoignage des habitants, lors des épisodes pluvieux d'automne et d'hiver, de forts ruissellements se forment le long de cette route. Les ruissellements peuvent parfois s'avérer même dangereux en allant jusqu'à bloquer la circulation des piétons. Cette situation est en partie due à l'inefficacité du réseau d'évacuation secondaire installé dans les zones urbanisées. Son inefficacité est liée principalement aux anomalies que présentent leur point d'accès (avaloirs), ces derniers étant soit mal positionnés (vitesses d'écoulement dépassant la capacité d'absorption des avaloirs), soit bouchés (non fonctionnels). Les forts ruissellements relevés en surface sont également liés au mode d'aménagement de l'ouvrage hydraulique de réception. Sur le terrain, on aperçoit rapidement que les écoulements qui se concentrent le long du lit de l'oued n'arrivent pas à tous rejoindre l'ouvrage de réception. Comme on peut le constater *sur* la fig.5.25, le lit de l'oued est partagé en deux par une sorte de mur en pierre (hauteur < 1 m), l'une dirigée vers l'ouvrage de réception, l'autre devenue une ruelle connectée plus bas au réseau routier du quartier. Ainsi, les eaux qui ruissellent au-dessus de cette dernière ne seront pas évacuées par l'ouvrage hydraulique et rejoignent le réseau routier secondaire puis la voie rapide Chevalet-Triolet à l'exutoire du sous-bassin-versant.



**Fig. 5.25. Sous-bassin-versant de Scotto Nadal (A). Entrée amont de l'ouvrage hydraulique (B). Paysage en aval de l'ouvrage.**

En tenant compte de sa petite taille et du réseau hydrographique peu développé, le sous-bassin-versant de Scotto Nadal ne peut pas générer des crues à caractère torrentiel. Néanmoins, il n'est pas pour autant épargné des crues, vues les nombreuses anomalies que présente son système d'évacuation associé à la forte urbanisation de la partie aval. Le risque de développer des crues et des inondations d'intensité modérée reste très probable.

#### **5.3.3.5. Sous-bassins versants du Chemin du Fort et Jaubert**

On regroupe ici les sous-bassins versants qui drainent les oueds du Chemin du Fort et de Jaubert. Ce choix est justifié par le fait que le lit de l'oued qui draine le sous-bassin-versant de Jaubert a été dévié en raison des travaux d'élargissement de la carrière Jaubert, qui déverse actuellement ses eaux dans le sous-bassin-versant du Chemin du Fort.

Les sous-bassins versants du Chemin du Fort et de Jaubert sont à 28 % urbanisés et le sol nu représente plus de 35 % de la superficie totale (fig. 7.26). On déduit de ces chiffres qu'une grande partie de leur surface est fortement imperméable et il faut donc s'attendre à la génération d'importants volumes d'eaux. Le débit de pointe provoqué par un événement équivalant à celui des 9-10 novembre 2001 est estimé à un peu plus de 40 m<sup>3</sup>/s, celui des collecteurs

d'évacuation à 55 m<sup>3</sup>/s. Ces derniers sont donc théoriquement suffisants pour collecter l'ensemble des écoulements générés et concentrés dans les deux sous-bassins versants.

En amont de l'ouvrage hydraulique du Chemin du fort, à proximité du lit mineur de l'oued, on trouve une zone urbaine dense, située en bas du point de confluence des segments d'ordre 3 dans les segments d'ordre 4 du réseau hydrographique. Ce quartier, par sa localisation géographique, nécessite une vigilance et une protection particulières.

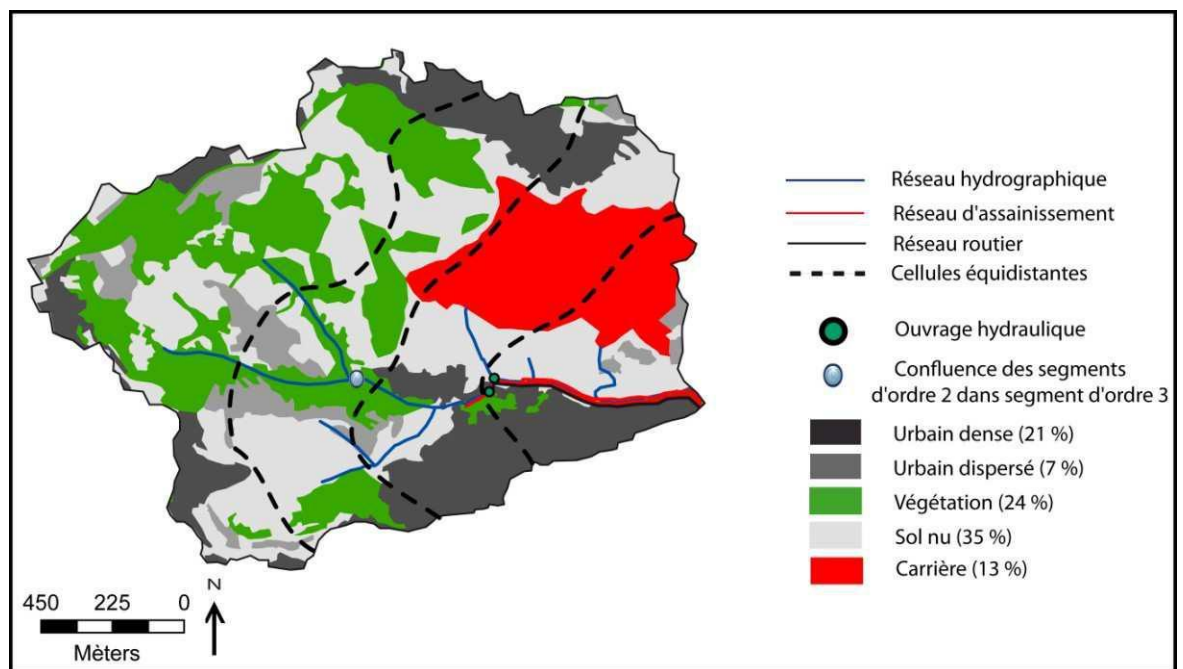


Fig. 5.26. Occupation du sol dans les sous-bassins versants du Chemin du Fort et de Jaubert.

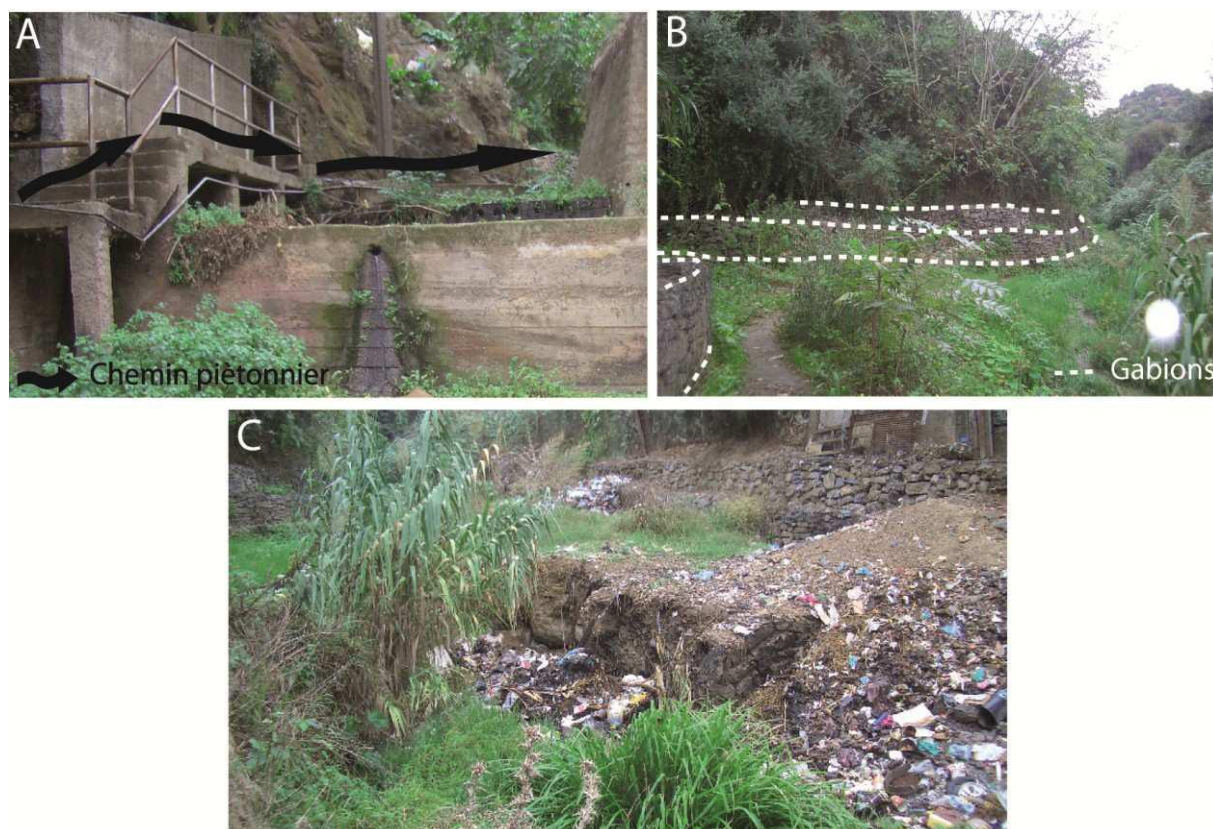
Selon les constats faits sur le terrain et le témoignage des personnes interrogées, une grande partie des eaux prévenant de l'amont de l'ouvrage Jaubert (haut du quartier) ruisselle le long de la route principale qui longe la zone urbaine, les eaux se concentrant jusqu'à atteindre des vitesses assez importantes. Les maisons qui se trouvent au bord de cette route sont souvent inondées par les ruissellements venant de l'amont. Ces quantités d'eau ne peuvent rejoindre le réseau d'assainissement et sont injectées directement sur la voie rapide Chevallet-Triolet, pour être ensuite acheminées vers l'exutoire final de l'Oued Koriche.

Elles participeront ainsi à la production du débit de pointe dans la réponse globale du bassin. Pourtant, un tel scénario n'a pas lieu d'être car la collecte et l'évacuation des surplus d'écoulement provenant de la carrière Jaubert, ainsi que ceux provenant de la partie NE du sous-bassin-versant du Chemin du Fort, sont assurées théoriquement par le collecteur à ciel ouvert installé en pleine zone urbaine (fig. 5.27). Cependant, cet ouvrage présente de nombreux problèmes techniques et d'entretien, ce qui inhibe le fonctionnement de plusieurs tronçons fluviaux. Ces anomalies peuvent être résumées en deux principaux points : le premier est lié à sa localisation géographique, à savoir que la route et les maisons à proximité sont localisées en contrebas du canal à ciel ouvert ; ainsi, les eaux ne peuvent pas rejoindre le canal et ruissellent donc sur la route en inondant souvent les maisons à proximité. Le second point est lié à l'état de propreté du canal : son état actuel donne l'impression d'un ouvrage laissé à l'abandon, encombré par toutes sortes de déchets qui s'accumulent peu à peu et forment des embâcles aux endroits à faible pente, bloquant ainsi l'écoulement des eaux et provoquant des débordements ponctuels.

La partie du sous-bassin-versant collectée par l'ouvrage Chemin du Fort est la plus couverte par la végétation et les berges des oueds ont longtemps gardé leur état naturel. Néanmoins, après l'événement de 2001, un système de gabionnage en escaliers a été installé sur les berges situées à proximité des zones urbaines. On longeant le lit de l'oued vers l'amont, on remarque que les habitants se servent des berges ainsi que du lit de l'oued pour jeter leurs

déchets ménagers, des produits de construction, etc. (fig. 5.27). Une telle pratique peut générer de nombreux dysfonctionnements hydrologiques, en commençant par la diminution de la capacité d'évacuation de l'oued, faisant que les débordements de l'oued sont plus fréquents et que les habitations sont plus exposées au risque de crue et d'inondation. Ces rejets participent également à l'alimentation en charge solide des eaux ruisselées. Selon l'intensité de la crue,

les déchets peuvent être entraînés le long du lit jusqu'à l'ouvrage hydraulique de connexion où ils formeront des embâcles, empêchant ainsi le passage des écoulements dans le collecteur de l'Oued M'Kacel. Le risque de voir se former des embâcles, en amont de l'ouvrage et dans le lit de l'oued, est également très fort. Dans ce cas de figure, les habitations construites dans le lit moyen ou mineur pourront être subitement inondées.



**Fig. 5.27. Sous-bassin du Chemin du Fort (A). Chemin piéton (B). Système de gabionnage installé sur les berges (C). Décharge sauvage sur les versants.**

En dehors du fait que certaines maisons sont construites au niveau du lit de l'oued, un nombre important de particuliers a cassé les gabions installés sur les berges, afin de former une sorte de chemin d'accès au lit de l'oued (fig. 5.28). Ceci rend leurs maisons encore plus vulnérables, qui risquent d'être inondées à la moindre élévation du niveau d'eau dans l'oued, et qui deviennent ainsi plus vulnérables à des événements météorologiques jugés autrefois inoffensifs.

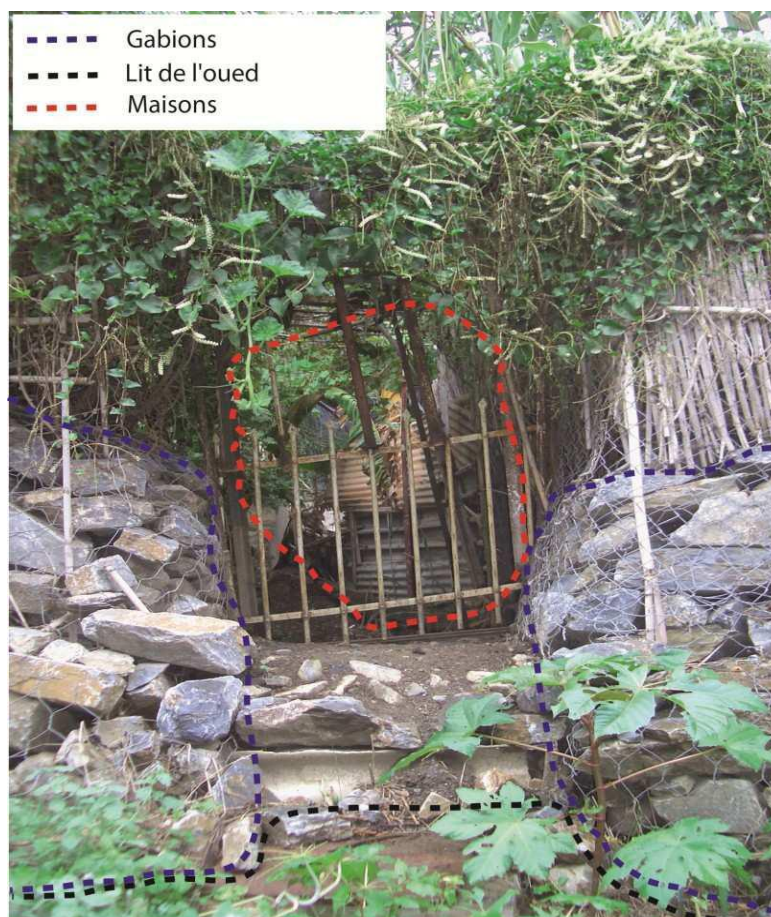


Fig. 7.28. Dégradation du système de gabionnage.

Le sous-bassin-versant du Chemin du Fort est, par sa superficie et l'intensité de sa réponse hydrologique, l'un des plus importants sous-bassins versants de l'Oued Koriche. Sa partie amont présente le risque de développer des crues et des inondations spatialement limitées, induits principalement par l'extension des zones urbaines à proximité immédiate du lit de l'oued naturel et la présence de zones de confluence entre les segments élémentaires du réseau hydrographique. En aval et en raison de nombreux dysfonctionnements que présente son système de récupération et d'évacuation des eaux pluviales, ce secteur risque de développer des crues rapides ( $40 \text{ m}^3/\text{s}$  pour une pluie équivalente à celle des 9-10 novembre 2001) aux lourdes conséquences.

#### 5.3.3.6. Le quartier de Bal-el-Oued

Le quartier de Bab-el-Oued occupe l'extrême aval du bassin-versant de l'Oued Koriche. Il s'étale sous forme d'un tissu urbain structuré et très dense. Il

est l'un des quartiers les plus populaires d'Alger où la densité de population est très élevée. Lors des crues du 10 novembre 2001, c'est à cet endroit que les conséquences les plus dramatiques ont eu lieu. Depuis, rien ne semble entrepris réellement au niveau du quartier de Bab-el-Oued et les pratiques qui ont autrefois aggravé l'aléa hydrométéorologique persistent encore : (A) *Pratiques des collectivités* : les marchés en plein air, installés dans des petites ruelles et très fréquentés par la population locale, sont omniprésents. A la sortie du quartier, exactement à l'exutoire du bassin-versant de l'Oued Koriche, les services responsables du secteur de transport ont décidé d'installer la nouvelle station de bus ; une station très fréquentée la journée ; (B) *Réseau d'assainissement* : les avaloirs sont mal entretenus ; les eaux récupérées des toitures des bâtis étant dégagées directement sur les trottoirs, elles empreintent ensuite le réseau routier ; (C)

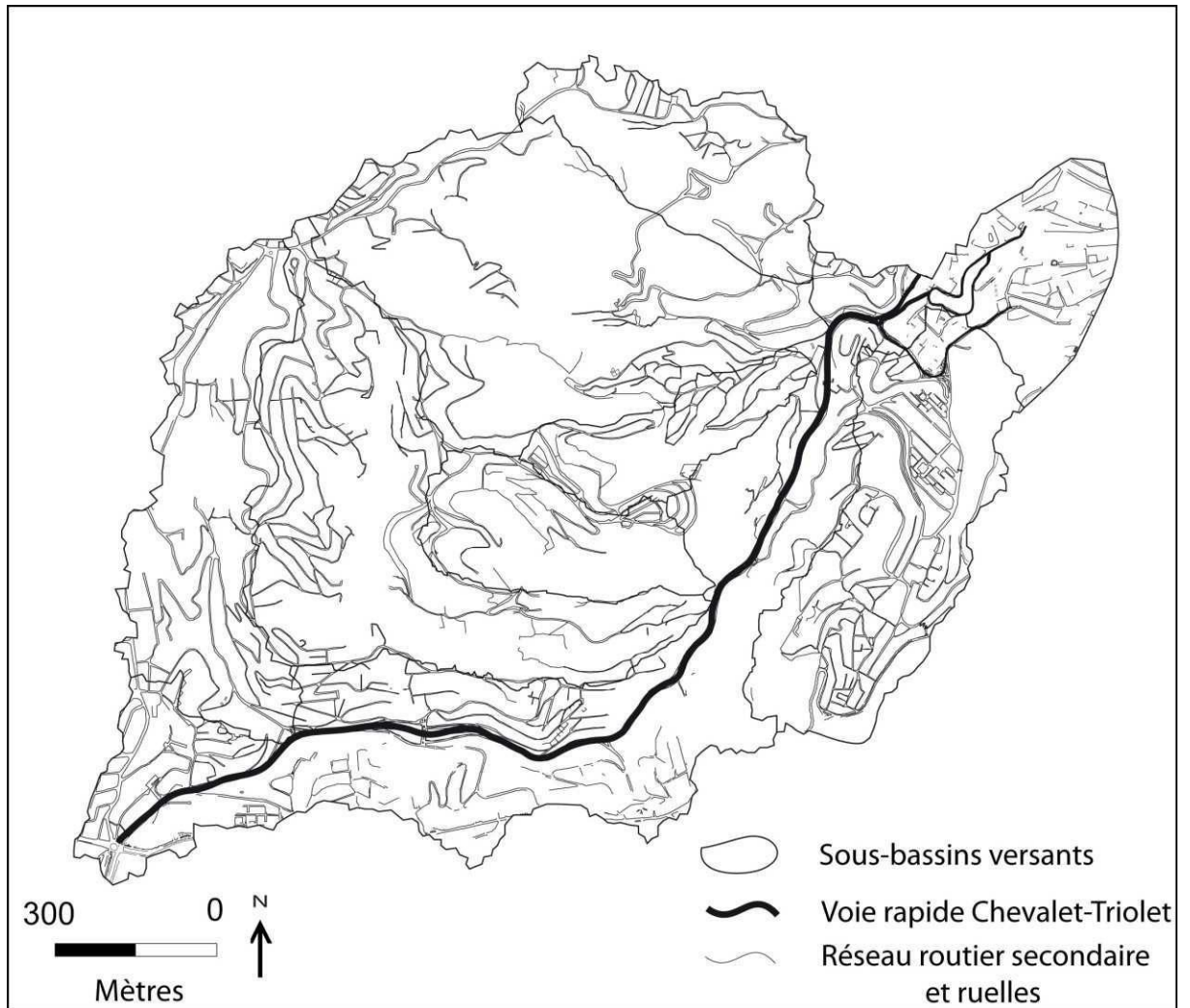
*Gestion préventive* : l'absence du plan ORSEC ou même de plan d'évacuation en cas de crise. Le vieux marché couvert, qui se trouvait à l'entrée du quartier juste après le carrefour de Triolet et dans lequel plusieurs dizaines de personnes ont trouvé la mort en 2001, reste la seule construction à avoir été délocalisée après la catastrophe du 2001. A la place du marché, on trouve actuellement une placette qui sert de stade pour la population locale, et qui peut être utilisée également pour organiser des fêtes en plein air. Par son emplacement et sa structure mais aussi par l'état dans lequel se trouvent ses avaloirs, on peut imaginer qu'en cas de crue, la placette sera inondée et une partie des eaux sera transférée vers l'aval. L'aval de la placette n'est rien d'autre qu'une école primaire, un collège et un quartier résidentiel. Ainsi, ces bâtis présentent par leur situation géographique et leur fonction une zone à haut risque (fig. 5.29).



Fig. 5.29. Placette installée à la place de l'ancien marché couvert de Bab-el-Oued (A). Image de Google Earth prise le 10 août 2011 (B). Clichés de la placette.

### 5.3.4. Structure et orientation du réseau routier dans le bassin-versant de l'Oued Koriche

En se servant des plans cadastraux, on a essayé d'établir, le plus fidèlement possible, la configuration du réseau routier (voie rapide Chevalet-Triolet ; réseau secondaire et ruelles) dans l'Oued Koriche (fig.5.30).



**Fig. 5.30. Réseau routier dans le bassin-versant de l'Oued Koriche.**

On remarque que la majeure partie du réseau routier est conçue dans la direction de la pente, parallèlement au lit de l'oued (cas du sous-bassin-versant de Sidi Medjber) et certaines de ces routes sont construites directement dans le lit mineur des oueds : c'est le cas des sous-bassins versants Baranes, Scotto Nadal et Chemin du Fort. L'oued principal qui draine le bassin-versant de l'Oued Koriche a été enterré et canalisé progressivement avec le temps ; actuellement, il se trouve entièrement canalisé et enterré et à sa place, une voie rapide Chevalet-Triolet est installée. Si l'on compare le tracé de l'oued et celui de la route, on remarque qu'ils sont parfaitement superposables. La pratique qui consiste à installer des routes au-dessus des lits des oueds, après qu'ils aient été canalisés, est largement adoptée malgré sa grande dangerosité : les expériences ont montré

que l'eau finit toujours par reprendre son chemin (la notion d'oued définitivement inerte doit donc être reconsidérée par les aménageurs). Cette pratique peut être expliquée par le fait que le tracé adopté par les écoulements correspond au plus court chemin possible pour atteindre l'exutoire et il a été bien évidemment tracé en tenant compte des conditions climatiques et lithologiques, du système des pentes dans le bassin-versant.

Le réseau routier ainsi conçu dans le bassin-versant de l'Oued Koriche favorise le développement des crues rapides : 1) Une route est forcément moins rugueuse que le lit naturel de l'oued. Les écoulements qui se développent sur celle-ci sont donc plus rapides, l'évacuation de la crue vers l'aval s'accélère et son arrivée à l'exutoire est alors plus brutale (diminution du temps de réaction et d'évacuation). Une brutalité qui se manifeste sur le terrain souvent par une augmentation des dégâts matériels mais surtout des pertes humaines ; 2) Le réseau routier est totalement imperméable et en absence d'un système de récupération des eaux pluviales installé au niveau du réseau routier, les eaux qui l'atteignent et se concentrent le long de ce réseau rejoignent toutes l'exutoire. Ainsi, le réseau routier dans ce cas participe également à l'augmentation des volumes ruisselés ; 3) Un réseau routier est moins profond qu'un réseau hydrographique : dans le cas où il y a un dysfonctionnement au niveau du réseau d'assainissement, les hauteurs d'eaux ruisselées au bord de la route seront plus importantes et des zones autrefois épargnées par les crues seront touchées ; 4) L'installation d'un réseau routier à la place du réseau hydrographie extrait ce dernier du paysage et, avec le temps, les gens l'oublie et auront tendance à s'installer au bord de la route, donc occuper les lits moyen et mineur des oueds. La voie rapide Chevalet-triolet, qui n'est autre que le lit mineur de l'oued principal drainant le bassin-versant de l'Oued Koriche, est un bon exemple illustrant la dangerosité d'effacer le réseau hydrographique du paysage urbain.

### 5.3.5. Insertion de la voie rapide Chevalet-Triolet dans le paysage du bassin-versant de l'Oued Koriche

En longeant la voie rapide Chevalet-triolet, de l'amont vers l'aval, le paysage change sur les deux rives : espaces urbaines, remblais sur lesquels s'est installé un couvert végétal herbacé ainsi que quelques espèces ligneuses d'un côté, affleurement du substrat géologique de l'autre (fig. 5.31).

On remarque sur la figure 7.31 que le tissu urbain s'est développé à proximité de la voie rapide, et les habitations qui se trouvent au bord de la route sont très nombreuses. Cette voie rapide s'est transformée le jour de l'événement du 10 novembre 2001 en un torrent piègeant et emportant les voitures, les piétons et les habitations proches. Aujourd'hui, 11 ans après la catastrophe, l'environnement dans lequel s'insère la voie rapide n'a pas changé et de nouvelles installations continuent à avoir lieu (école primaire, habitations, locaux commerciaux...). La fig. 5.32 montre cela le long de la voie rapide Chevalet-Triolet.

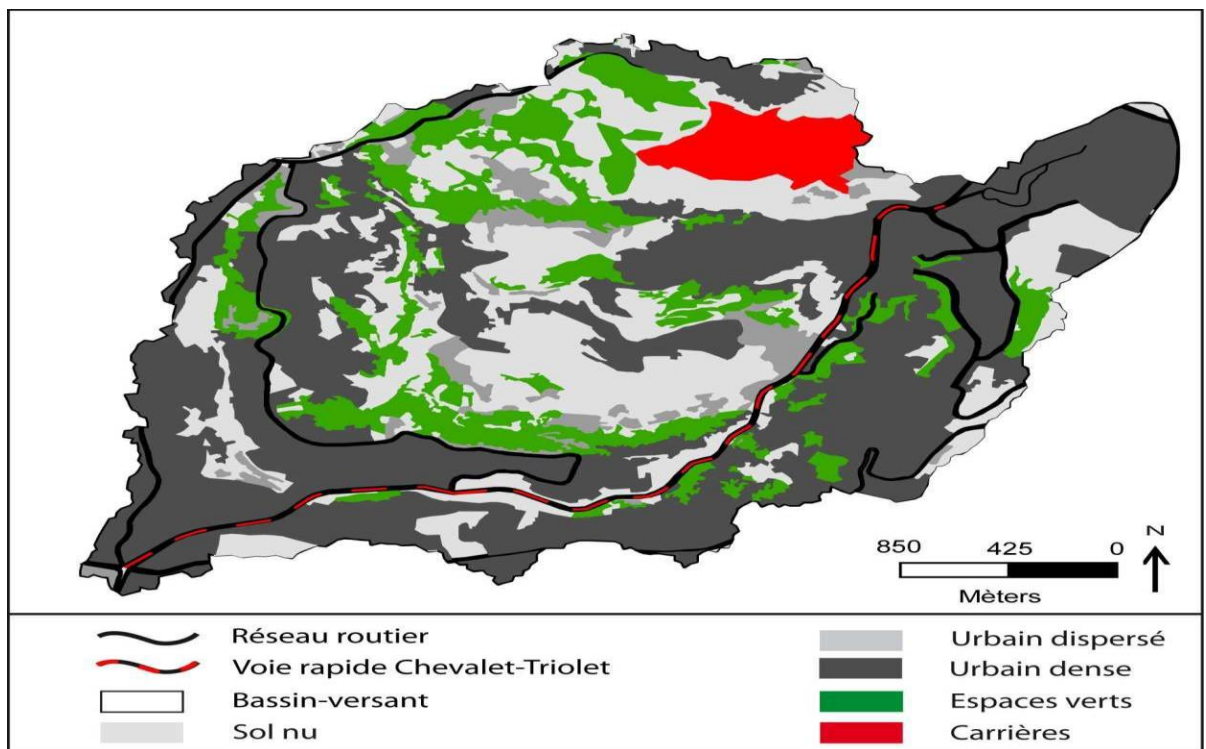


Fig. 5.31. Carte d'occupation du sol du bassin-versant de l'Oued Koriche en 2011.

Nous nous sommes ensuite intéressés au système de récupération des eaux pluviales installé le long de la voie rapide. On aperçoit que l'évacuation des ruissellements superficiels qui se forment sur la voie rapide est assurée de deux façons :1) *Les avaloirs* : ce sont des points d'accès d'1 m de long sur 1 m de large qui permettent aux eaux ruisselant en surface de rejoindre le réseau d'évacuation souterrain (collecteur Oued M'Kacel). La grande majorité de ces ouvrages est non couvert, donc sans protection, et est envahis par toutes sortes de déchets. Certains d'entre eux sont même complètement bouchés (fig. 5.33A).



**Fig. 5.32. Environnement urbain autour de la voie rapide Chevalet-Triolet (A). Partie amont. (B). Bassin moyen. (C). Partie aval.**

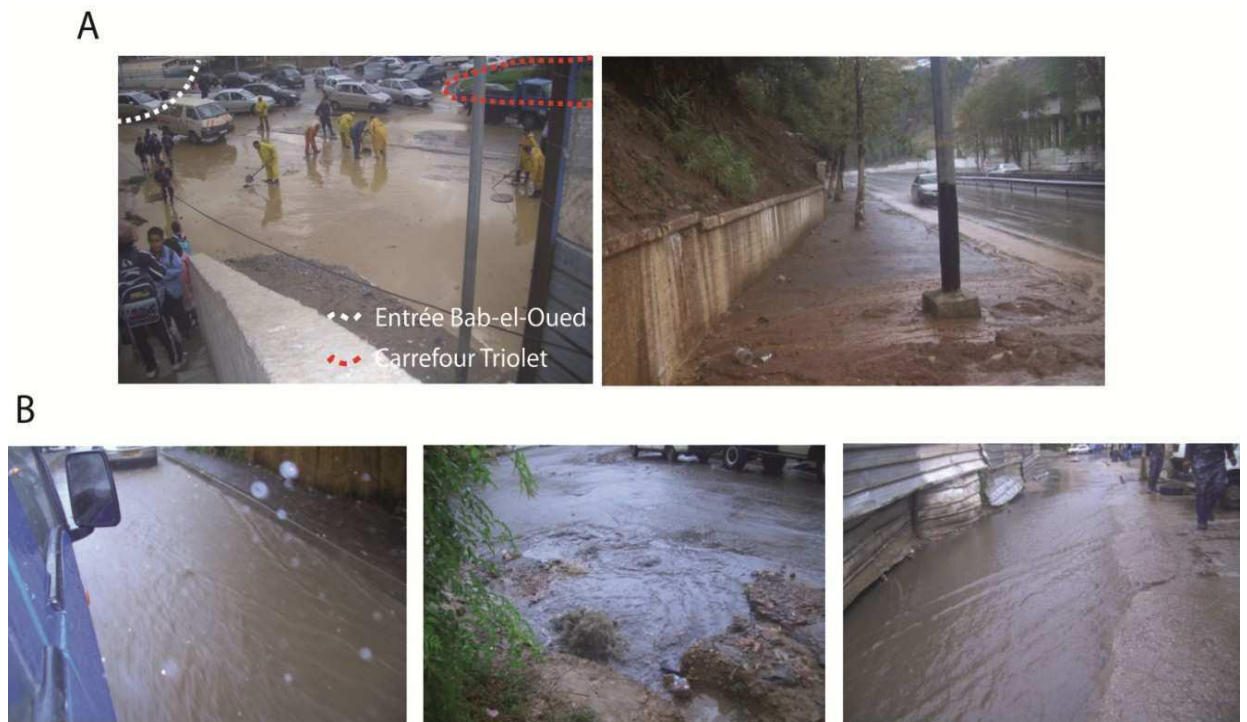
2) *Le canal à ciel ouvert* : Au niveau de l'espace qui sépare les deux directions de la voie rapide s'étale un canal de récupération des eaux pluviales protégé par un grillage (fig.5.33B).



**Fig. 5.33.** Système d'évacuation des ruissellements de surface à partir de la voie rapide Chevalet-Triolet (A). Les avaloirs (B). Le canal à ciel ouvert.

Lors d'un événement pluvieux ordinaire, on aperçoit rapidement que le système d'évacuation des eaux pluviales installé le long de la voie rapide manifeste de nombreux dysfonctionnements (fig. 5.34). Une partie de ces dysfonctionnements est lié au manque d'entretien des avaloirs, qui sont partiellement ou totalement non fonctionnels. Le canal d'évacuation à ciel ouvert présente quant à lui de sérieux problèmes techniques, le canal se situant à un niveau plus haut que celui des deux bords de la route, à l'exception de quelques virages où la pente est orientée vers le canal. L'eau ruisselle donc préférentiellement de part et d'autre de la voie rapide. Pour que l'eau puisse emprunter le canal, il faut d'abord que la route soit entièrement inondée et que les hauteurs d'eau atteignent quelques dizaines de centimètres. Un autre problème qui mérite d'être appréhendé est lié à la structure du canal à ciel ouvert : on constate qu'au niveau des points d'intersection entre la voie rapide et le réseau routier secondaire

(routes descendant des deux rives du bassin-versant), le canal à ciel ouvert passe soudain dans le sous-sol pour permettre aux voitures de pouvoir prendre la route dans les deux directions. Les points de connexion entre les routes secondaires et la voie rapide coïncident majoritairement avec les exutoires des sous-bassins versants de l'Oued Koriche. Elles présentent de ce fait une importante source d'alimentation en eau ruisselant en surface. En tenant compte de l'état actuel du système d'évacuation des eaux pluviales de la voie rapide Chevalet-Triolet, il faut s'attendre à ce que les volumes injectés *via* les points d'intersection ruissellent en grande partie le long de la voie rapide jusqu'à l'exutoire.



**Fig. 5.34. Comportement des eaux pluviales au niveau de la voie rapide (A) et du réseau routier secondaire (B).**

## Conclusion

L'analyse systémique menée ci-dessus nous a permis de réaliser une synthèse des traitements précédents réalisés plus au moins thématiquement (climat, géomorphologie, hydrologie, simulations numériques) et d'explorer d'autres champs et de chercher des réponses auprès de facteurs non pris en compte avant, tels l'anthropisation et l'évolution spatio-temporelle du réseau hydrographique ; la structure, le mode de fonctionnement et la capacité d'évacuation du réseau d'assainissement ; la configuration spatiale et l'orientation du réseau routier ; l'analyse des modes d'occupation du sol à une échelle encore plus fine que celle du bassin-versant et leur appréhension par rapport aux autres éléments de l'hydrosystème dans lequel ils évoluent.

L'analyse systémique menée dans le bassin-versant de l'Oued Koriche montre tout d'abord que les crues de 9 novembre 2001 sont le résultat de la combinaison d'un aléa météorologique, géomorphologique et hydrologique fort, accru par l'anthropisation sauvage du bassin-versant.

Les principaux impacts de l'emprise urbaine dans le bassin-versant de l'Oued Koriche se manifeste au niveau du :

*1. Réseau hydrographique* : une grande partie du réseau hydrographique est artificialisée souvent d'une manière irréversible et, en plusieurs endroits, ce réseau est soustrait totalement de l'environnement urbain. Ces pratiques incitent la population à occuper des zones à haut risque (lit moyen et mineur, zones de confluence des drains élémentaires).

*2. Réseau d'assainissement* : la partie artificialisée du réseau hydrographique est majoritairement enterrée et remplacée par des ovoïdes souterrains sous-calibrés, de structure homogène et uniforme, à tracé direct, soumis en totalité à un fonctionnement gravitaire, adoptant ainsi une logique d'aménagement qui favorise une *évacuation rapide des écoulements vers l'aval*. A noter ici qu'après les

grands travaux d'entretien qui ont eu lieu en 2008, le collecteur de l'Oued M'Kacel est désormais fonctionnel sur l'ensemble de son tronçon souterrain. Mais ce n'est pas uniquement la structure interne et le sous-dimensionnement des ovoïdes d'évacuation qui fait défaut dans l'Oued M'Kacel : la partie aérienne (canaux à ciel ouvert, ouvrages hydrauliques de réception, avaloirs), qui assure le passage et la connexion entre les différents éléments du réseau hydrographique, est mal localisée ; tel est le cas des ouvrages hydrauliques de réception Baranes, Scotto Nadal et Jaubert. Les ouvrages hydrauliques de réception présentent une autre anomalie, liée à la non cohérence entre la capacité de l'ouvrage et celle de son canal ovoïdal. On trouve tantôt des ovoïdes avec des capacités d'évacuation supérieures à celle de l'ouvrage de réception, tantôt l'inverse. Un certain nombre d'avaloirs (1 m<sup>2</sup> de surface) sont placés sur de fortes pentes et dans de telles conditions, la vitesse d'écoulement peut rapidement dépasser la capacité d'absorption des avaloirs.

3. *Occupation du sol* : le bassin-versant de l'Oued Koriche connaît une continue croissance urbaine, une croissance qui se fait en absence de plans de prévention de risque. Le mode d'aménagement du bassin-versant de l'Oued Koriche a accru l'aléa hydrologique en modifiant l'organisation spatio-temporelle de la réponse hydrologique et en forçant son caractère polygénique. Mais l'emprise urbaine a également accru le niveau de la vulnérabilité en exposant de plus en plus des enjeux (matériel et humain) à cet aléa. Ainsi, l'analyse fine de l'expansion spatiale du tissu urbain appréhendé par rapport à l'hydrosystème dans lequel il se développe nous laisse perplexe. On relève que des zones rouges (le lit mineur et moyen des oueds et/ou en zone de confluence des segments élémentaires du réseau hydrographique) sont occupées par des écoles, des habitations à forte densité urbaine, ou encore par des marchés et des stations de bus très fréquentés, etc. Alors que l'exutoire du bassin-versant très réactif de l'Oued Koriche n'est autre que le quartier de Bab-el-Oued, un quartier connu par sa

forte densité urbaine mais surtout par sa très forte densité de population. L'anthropisation a également augmenté le risque hydrométéorologique à travers certains comportements irresponsables et qui relève d'une grande ignorance du risque existant par la plupart des citoyens. L'une des plus dangereuses de ces pratiques c'est le fait de se servir des berges, des lits des oueds, des canaux à ciel ouvert, des avaloirs et des ouvrages de réception comme décharges sauvages.

Une telle pratique augmente l'extension spatiale du risque (crues et inondations) mais surtout peut paralyser le fonctionnement du système hydraulique d'évacuation des eaux pluviales en empêchant les eaux de rejoindre le réseau souterrain. Et c'est bien ce qui s'est passé en 2001, le collecteur de l'Oued M'Kacel n'ayant pas fonctionné et la totalité des eaux s'étant retrouvées en surface.

*4. Politique de gestion et de prévention du risque hydrométéorologique :* à l'échelle nationale, l'Algérie présente un retard en matière de législation dans le domaine de gestion et de prévention des risques majeurs. La loi n° 04-20 de 2004 est l'unique loi qui a réellement traité le sujet. Néanmoins, cette dernière reste jusqu'à présent généraliste et dépourvue de décrets d'applications détaillés. Dans cette sphère et en absence de législation capable de définir l'ordre et la nature des relations entre les différentes administrations concernées (collectivités locales, urbanisme, travaux publics, hydraulique et assainissement, protection civile, etc.), il reste très difficile voire même impossible de pouvoir mener un travail de coordination efficace. C'est bien cette dernière lacune qui explique en grande partie l'absence d'une politique de gestion de risque hydrométéorologique au niveau des collectivités locales.

Certes, le bassin-versant de l'Oued Koriche a été touché par un fort aléa hydrométéorologique le 10 novembre 2001 mais l'ampleur des dégâts observés

ne peut être expliquée uniquement à travers la magnitude de cet aléa. Elle a été forcée par de nombreuses pratiques locales dont les principales sont : l'artificialisation du réseau hydrographique, l'imperméabilisation des surfaces, la structure et l'extension spatiale du tissu urbain (désordre foncier) et son réseau routier, la structure et la capacité d'évacuation du réseau d'assainissement non adaptées ainsi que son état externe et interne très dégradé (l'eau a ruisselé en totalité sans s'infiltrer), l'absence de services d'alerte (les citoyens non pas été alertés le jour de l'événement), l'absence d'un plan ORSEC ou tout autre plan de gestion de crise. Si le plan ORSEC avait pu être déclenché à temps, on aurait pu sauver beaucoup de vies humaines (*i.e.*, un lourd bilan avec près de 1000 morts) ainsi que certains biens matériels.

## Introduction

A la lumière de l'ensemble des analyses, des simulations réalisés dans les chapitres précédents, on a essayé dans le présent chapitre de produire un support cartographique illustrant le niveau du risque hydrométéorologique dans le bassin-versant de l'Oued Koriche. L'inexistence d'un tel document est en grande partie à l'origine de l'ignorance qui règne chez les gestionnaires des collectivités locales et chez les citoyens. Mais la carte de risque comme document à part entière ne présente pas un grand intérêt, il faut que ce document fasse partie intégrante des cartes d'occupation du sol, et à ce niveau vient le rôle du législateur qui doit éditer des lois dans ce sens.

Une fois le risque restitué spatialement, on pourra par la suite proposer des solutions de type structurel ou non structurel, qui correspondent au mieux : à la nature du risque, à la nature du terrain et aux moyens techniques, financiers et législatifs disponibles. Néanmoins toute solution proposée doit être basée sur le fait qu'on ne peut pas imaginer Alger sans le quartier de Bab-el-Oued, et qu'il faut bâtir des stratégies qui consistent à conserver le quartier et ce, malgré sa localisation à l'exutoire où les crues peuvent prendre une forme torrentielle. Il s'agit donc de favoriser la pensée qui consiste à réagir en amont pour protéger l'aval, même si l'application de cette stratégie est compliquée dans le cas du bassin-versant de l'Oued Koriche du fait de sa grande réactivité hydrologique en aval.

### **6.1. Cartographie du risque hydrométéorologique dans le bassin-versant de l'Oued Koriche**

La cartographie du risque hydrométéorologique dans le bassin-versant de l'Oued Koriche est loin d'être une tâche facile. Le risque s'inscrit dans un système très complexe non seulement par son aléa aux multiples facettes (activité cyclogénique, réponse hydrologique de nature pluviale et fluviale...) mais aussi à cause d'une anthropisation aux effets souvent irréversibles (réseau hydrogra-

phique fortement artificialisé, réseau d'assainissement défaillant et mal adapté, urbanisation mal maîtrisée, etc.

### 6.1.1. Carte de l'aléa

La cartographie de l'aléa hydrométéorologique proposée ici se base principalement sur les résultats des analyses effectuées dans les chapitres précédents. Dans le bassin-versant de l'Oued Koriche, on a à faire à trois types d'aléa hydrologique, à savoir : l'aléa de ruissellement superficiel, aléa de débordement du réseau hydrographique et l'aléa lié au débordement du réseau d'évacuation artificiel (réseau unitaire, réseau pluviale). Il faut donc analyser les ruissellements superficiels en tout point du bassin-versant, faire ressortir les axes de concentration et localiser spatialement les points de débordement probables (lit d'oued naturel ou réseau d'évacuation artificiel).

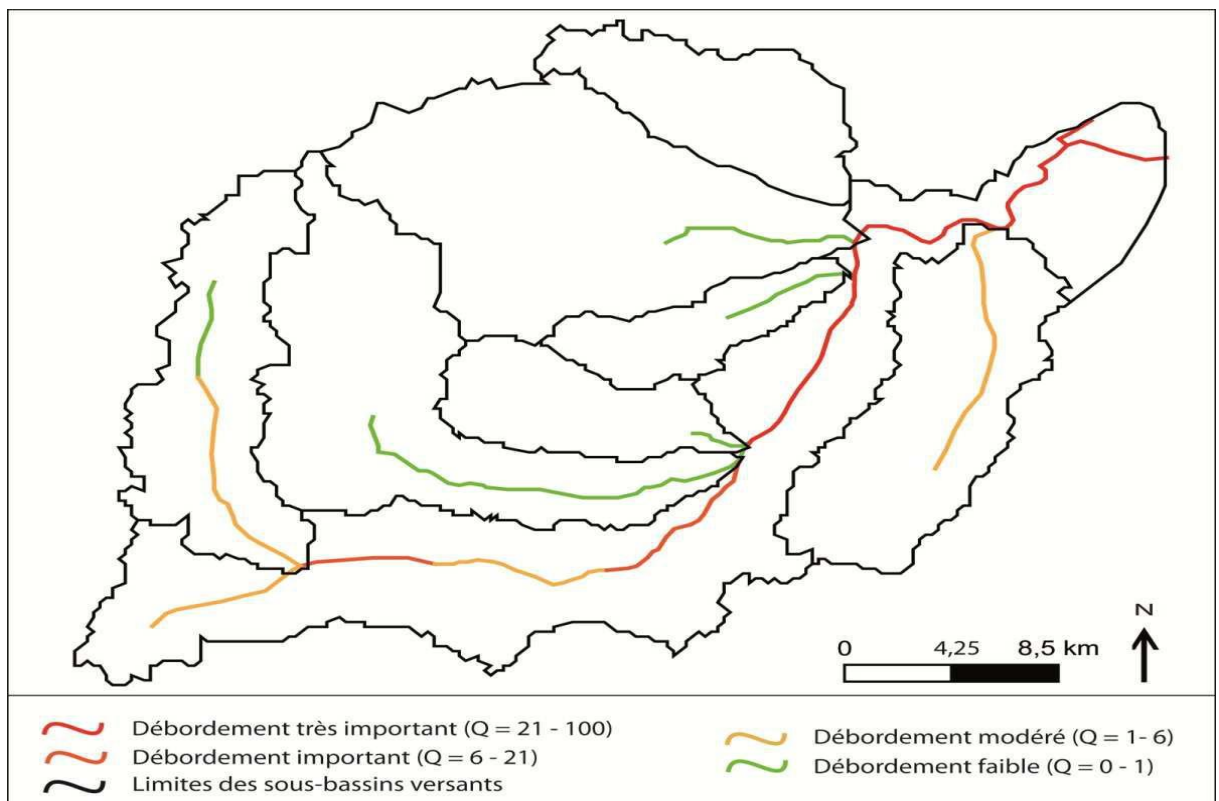
En absence de données météorologiques à fines échelles spatiale et temporelle, on suppose ici que les événements météorologiques qui frappent le bassin-versant de l'Oued Koriche sont homogènes, à savoir que l'ensemble de la surface du bassin-versant reçoit en même temps les mêmes quantités de pluies.

Via la carte de l'aléa, on présente à la fois :

1. La carte des simulations numériques dans laquelle le débit instantané est reproduit en tenant compte des différents paramètres de l'hydrosystème (forme, efficacité structurale du réseau d'écoulement, système de pentes) ;
2. Les bandes des cellules équidistantes impliquées dans la production du débit de pointe ;
3. Les zones de débordement, dans lesquelles le risque de développement des crues et des inondations locales est élevé. Selon l'origine du débordement, on trouve deux principales catégories : 1) des zones de confluence du réseau hydrographique et des anomalies dans le réseau d'assainissement. Les zones de confluence ont été identifiées grâce à l'analyse du réseau hydrographique, des zones de débordement du réseau d'assainissement : pour la partie souterraine du collecteur de l'Oued M'Kacel, on s'est basé sur les documents cartographiques

produits par les bureaux d'études BRGM et ILS (2006). Il s'agit de cartes sur lesquelles sont identifiées les parties du collecteur qui présentent un risque de débordement dû au sous-dimensionnement du réseau d'assainissement (partie souterraine).

Dans ce cadre, plusieurs cartes illustrant des scénarios distincts (situations réelles ou supposées) ont été établies, dont les plus importantes sont celles intitulées *Cartes des collecteurs et des débits par sous bassin : Etat actuel*, qui identifient les zones où le collecteur de l'Oued M'Kacel présente des déficiences en terme de capacité d'évacuation établie en considérant les conditions de terrain de 2006. Une seconde carte, présentant le même type d'informations, est établie, mais cette fois en supposant que le collecteur de l'Oued M'Kacel est dédoublé par un autre tronçon de 4 m de diamètre. Vu que le deuxième cas est celui d'aujourd'hui, non établi sur le terrain, on a fait le choix dans notre démarche cartographique de prendre en compte les informations fournies par la première carte (fig. 6.1).



**Fig. 6.1. Intensité du débordement du collecteur de l'Oued M'Kacel dans le cas d'une crue de récurrence septennale (modifiée selon BRGM – ILS).**

Les cartes établies par BRGM et Ils ne mentionnent pas les anomalies que présentent la partie aérienne du collecteur de l'Oued M'Kacel.

En tenant compte des fortes pentes dans le bassin-versant de l'Oued Koriche, les écoulements développés par le réseau hydrographique, qui reste encore aujourd'hui à l'état plus au moins naturel, génère un niveau d'aléa fort sur l'ensemble de son lit mineur.

On distingue en totalité quatre niveaux d'aléa dans le bassin-versant de l'Oued Koriche : *un aléa très fort* attribué au talweg principal qui draine le bassin-versant ainsi qu'aux zones favorables aux débordements (zones de confluence, débordement du réseau d'assainissement) ; un niveau d'aléa fort est attribué aux lits mineurs des talwegs principaux des sous-bassins versants ; un aléa modéré aux segments élémentaires de premier ordre du réseau hydrographique (les cumuls d'écoulement circulant dans ces derniers sont 300 fois moindres que les volumes d'eau circulant dans le talweg principal du bassin-versant) ; et enfin un niveau d'aléa faible attribué au reste du bassin-versant (zones soumises au ruissellement superficiel hors zone de concentration). La répartition spatiale de l'aléa hydrométéorologique dans le bassin-versant de l'Oued Koriche est présentée *in fig. 6.2.*

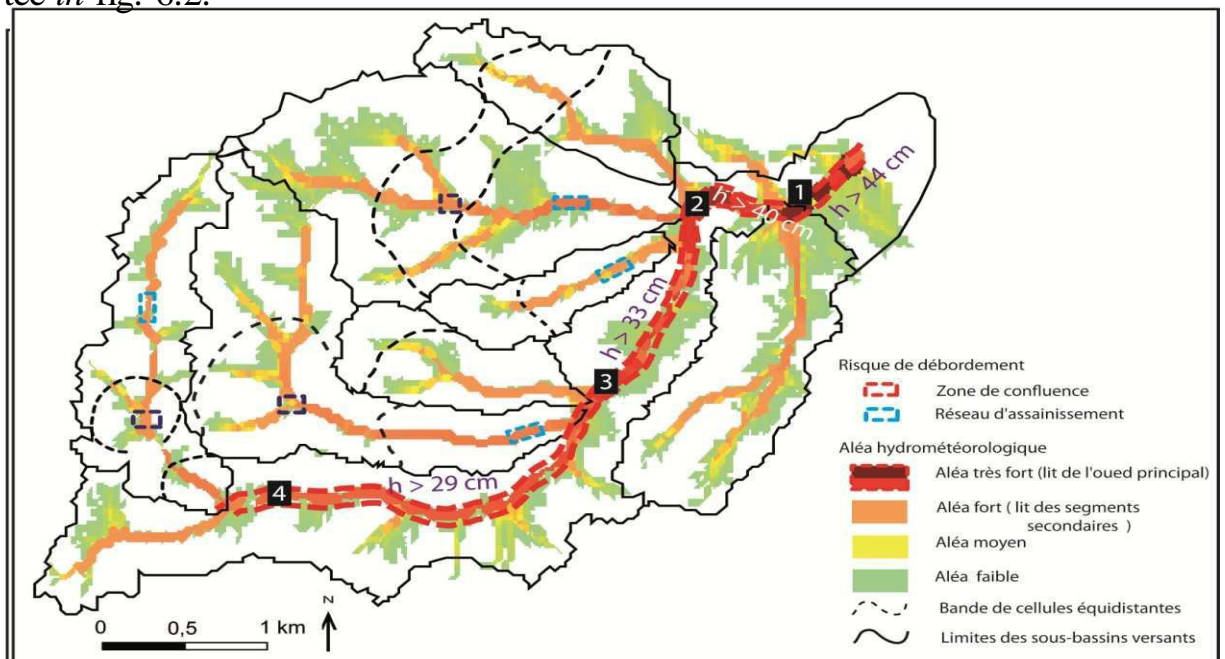


Fig.6.2. Carte de l'aléa hydrométéorologique dans le bassin-versant de l'Oued Koriche.

### 6.1.2. Carte de vulnérabilité

La « vulnérabilité », telle qu'elle est entendue dans notre travail, se limite au sens physique du terme, faisant uniquement référence à l'exposition de la surface physique face à l'aléa. Ainsi, la cartographie de la vulnérabilité se fait dans cette partie sur la base de la carte d'occupation des sols ; les niveaux de vulnérabilité sont donc fixés en fonction du mode d'occupation des sols. On distingue quatre niveaux de vulnérabilité dans le bassin-versant de l'Oued Koriche (fig. 6.2) : un niveau de vulnérabilité très fort en zone urbaine dense et sur les routes, un niveau de vulnérabilité fort en zones à tissu urbain dispersé, un niveau de risque moyen en zone industrielle et un niveau de vulnérabilité faible dans les forêts, les espaces verts et les sols nus.

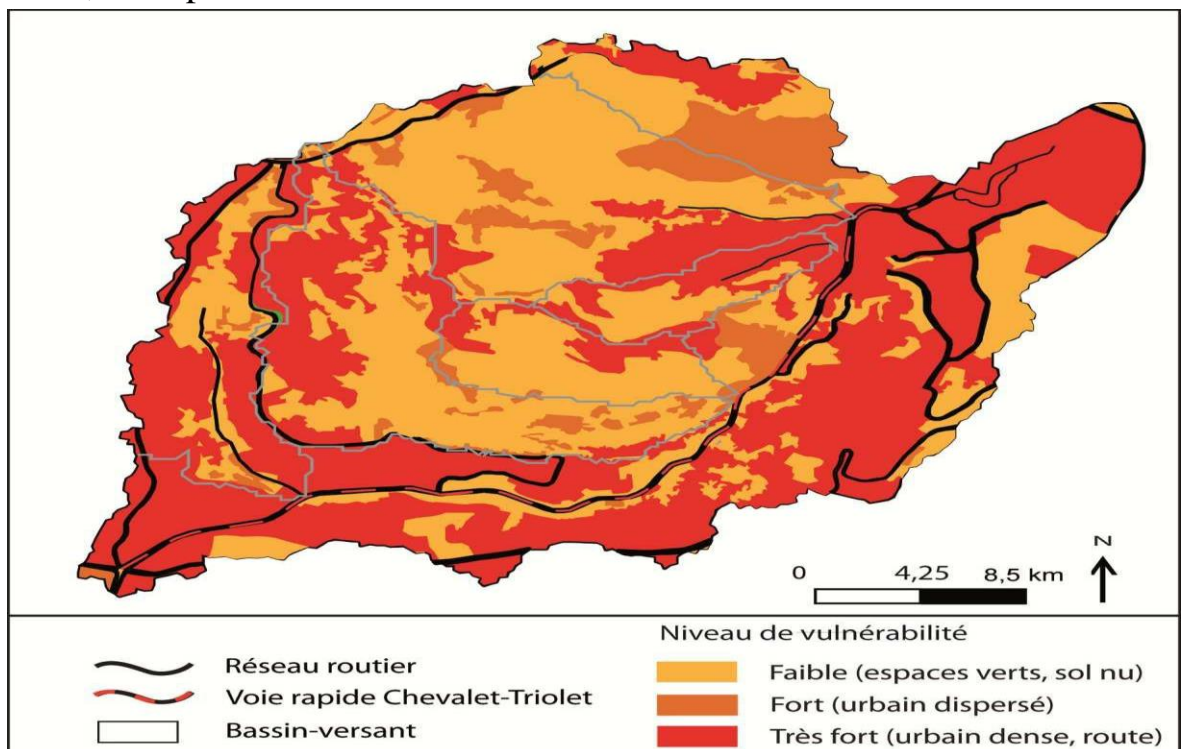


Fig. 6.3. Carte de vulnérabilité versus risques hydrométéorologique dans le bassin-versant de l'Oued Koriche.

### 6.1.3. Carte de risque

La carte du risque est le produit de la confrontation de la carte de l'aléa avec celle de la vulnérabilité. La définition des différents niveaux de classes du

risque est faite selon les normes d'une hiérarchisation communément utilisée (Ledour, 2006 ; tableau 6.1).

**Tableau 6.1. Hiérarchisation des différents niveaux du risque déduits par le croisement des classes de l'aléa et celles de la vulnérabilité**

Niveau d'aléa	Niveau de vulnérabilité		
	Très fort	Fort	Faible
<b>Très fort</b>	Très fort	Fort	Faible
<b>Fort</b>	Fort	Fort	Faible
<b>Modéré</b>	Modéré	Modéré	Faible
<b>Faible</b>	Faible	Faible	Faible (très faible)

Dans le cas du bassin-versant de l'Oued Koriche, on a identifié quatre niveaux d'aléa et trois niveaux de vulnérabilité différents ; le croisement du document cartographique de l'aléa est celui de la vulnérabilité selon les règles définies dans le tableau 6.1. Il a permis d'obtenir une carte de risque de crue et de ruissellement superficiel à trois niveaux de risque distincts (fig. 6.4). A noter ici que cette carte du risque est produite selon les conditions d'évaluation de l'aléa et de la vulnérabilité fixées dans le cadre de ce travail .

On observe un niveau de risque très fort le long de la voie rapide Chevalet-Triolet et dans les sous-bassins-versants de Baranes et Chemin du Fort. Sur ces trois sites, le niveau de risque très fort est le résultat d'un même cas de figure : il s'agit du talweg principal (bassin-versant ou sous-bassins versants) enterré, canalisé et remplacé en surface par une route, au bord de laquelle un tissu urbain dense s'est développé. Le réseau de canalisation destiné à remplacer le talweg naturel est souvent sous-dimensionné, mal conçu et non adapté à la nature et la hauteur des écoulements générés dans le bassin-versant. A l'ensemble des anomalies structurales que présente le réseau artificiel, il faut rajouter le fait que sa partie aérienne est très mal entretenue. Dans le cas de la voie rapide, les crues sont alimentées par les écoulements venant des différents sous-bassins-versants constitutifs de l'Oued Koriche, des écoulements pourtant destinés à être collectés et évacués théoriquement par le collecteur de l'Oued M'Kacel (canal à ciel

ouvert, ouvrage hydraulique de réception, réseau souterrain). Cependant, une bonne partie des écoulements formés dans les sous-bassin-versants rejoint la voie rapide. Ce dysfonctionnement est lié principalement au : 1) *mauvais positionnement de certains ouvrages hydrauliques* comme dans le sous-bassin-versant du Baranes, où l'ouvrage de réception se situe en amont bien avant la bande des cellules équidistantes productives du pic de la réponse hydrologique ; ainsi, il faut s'attendre à ce que la grande majorité des écoulements produits au niveau de Baranès ne puisse rejoindre le collecteur souterrain et circule sur la route qui le longe pour rejoindre la voie rapide à son exutoire ; 2) *les ouvrages sont également, dans certains cas, mal conçus et sous-dimensionnés* comme dans le cas du sous-bassin-versant du Chemin du Fort où le canal à ciel ouvert qui assure le passage entre le cours d'eau naturel et l'ouvrage hydraulique de réception est sérieusement sous-dimensionné.

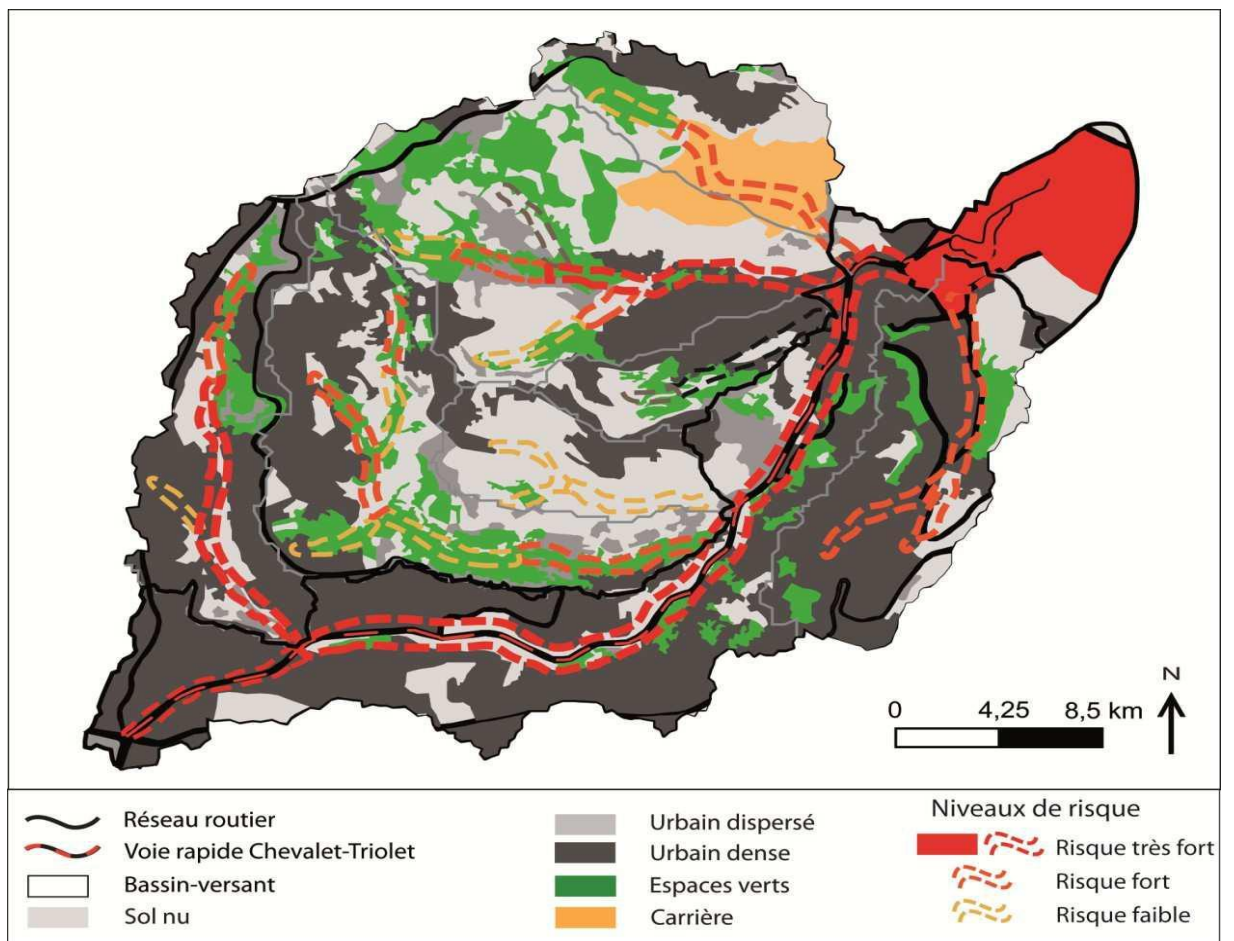


Fig. 6.4. Carte du risque hydrométéorologique dans le bassin versant de l'Oued Koriche.

; 3) *la structure interne de la partie souterraine du collecteur* : en dehors du fait que le collecteur de l'Oued M'Kacel est conçu pour évacuer des écoulements d'ordre décennal, il présente de nombreux autres problèmes structurels : la croissance de la capacité d'évacuation du collecteur de l'amont vers l'aval n'est pas équivalente à celle des surfaces drainées, ce qui a causé son effondrement le jour de l'événement 2001.

On relève aussi un niveau de risque très fort au bord des routes, conçues au-dessus des talwegs enterrés. Un tissu urbain très dense s'est installé avec le temps, une urbanisation qui se développe en totale ignorance de la présence du réseau hydrographique. Ainsi, par leur positionnement, ces constructions sont fortement exposées aux écoulements concentrés le long de la route. Un tel constat est le résultat direct d'une politique de gestion ultérieure qui a consisté à faire disparaître entièrement le réseau hydrographique du paysage environnant de la ville.

Un niveau de risque fort, présenté sur la carte avec une couleur orange foncée, est observé en différents endroits du bassin-versant : en amont du sous-bassin-versant Baranes, dans le nord-ouest et en aval du sous-bassin-versant de Sidi Medjber, en amont du Chemin du Fort et dans le sous-bassin de Birtraria. Un niveau de risque fort produit par la combinaison d'un niveau d'aléa fort, provoqué par la présence du réseau hydrographique (lit mineur), et un niveau de vulnérabilité fort dû à l'urbanisation. Ainsi, *la majorité des zones à risque fort sont le résultat d'une extension urbaine à proximité du réseau hydrographique secondaire.*

Le reste du bassin-versant de l'Oued Koriche présente un niveau de risque faible (voire très faible). Il s'agit soit de surfaces non urbanisées (sol nu, couvert végétal), soit de zones urbaines éloignées du réseau hydrographique théorique, des linéaires de concentration des écoulements et des zones de débordement.

## 6.2. Des approches d'interventions raisonnées à l'échelle du bassin-versant

Après avoir analysé, évalué et cartographié le risque hydrométéorologique dans le bassin-versant de l'Oued Koriche, il convient maintenant de proposer des actions à mener afin de le réduire. La réduction du risque se fait à travers une réduction de l'aléa et/ou de la vulnérabilité et selon qu'on vise à éteindre l'un ou l'autre des aspects, les modes et les techniques d'intervention diffèrent.

Notre démarche ici s'éloigne de la médiatisation et des promesses politiques, elle s'inscrit dans une autre idéologie : on part du principe que le risque 0 n'existe pas, on ne peut donc que le réduire dans le cadre climatique, hydrologique, technique, financier et juridictionnel du territoire dans lequel il s'inscrit. Un cadre qui met de multiples acteurs en jeu, qui doivent discuter et fixer ensemble le *niveau de risque acceptable* (Etat, experts, économistes, écologiste, financiers, élus, citoyens). Dans le cas du bassin-versant de l'Oued Koriche, des obstacles supplémentaires viennent se rajouter, certaines liées aux caractéristiques intrinsèques du risque hydrométéorologique (risque à multiples facettes inscrit dans un système complexe), d'autres liés à l'environnement (milieu anthropisé d'une manière irréversible, absence d'une gestion intégrée du risque, manque de moyen de prévision et de prévention...).

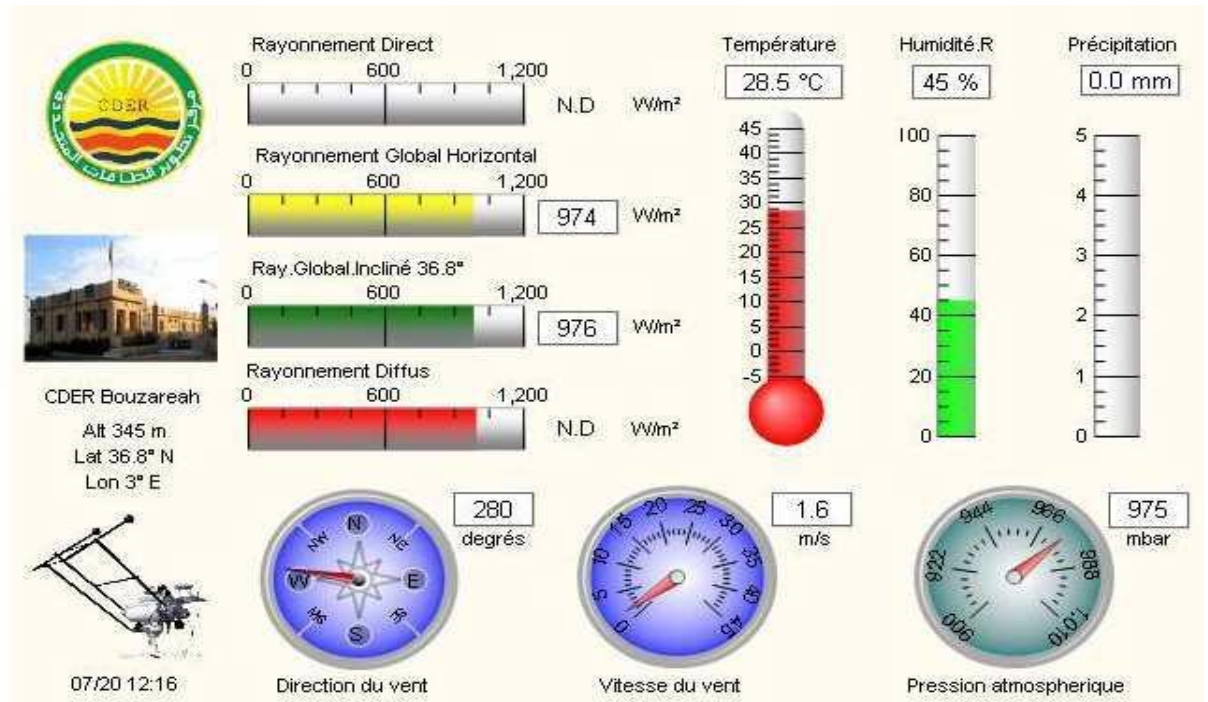
### 6.2.1 Gestion intégrée du risque

Nous nous sommes basés dans cette partie sur la démarche de gestion du risque développée dans l'étude, qui est une démarche organisée en plusieurs phases qui se succèdent dans le temps, en impliquant progressivement les différents acteurs du milieu. Nous avons essayé dans ce qui suit de mettre la lumière l'état actuel de la gestion du risque et de discuter ce qu'il reste à faire (souligner les anomalies, proposer des aménagements ; Ayrault *et al.*, 2004 ; Rivard *et al.*, 2005 ; Ledoux, 2006).

### 6.2.1.1. Prévision

La prévision est l'une des étapes les plus importantes dans une démarche de gestion du risque. La prévision d'un aléa à caractère intense ne peut pas empêcher sa survenue ; en revanche, elle peut être un facteur déterminant en termes de dommages occasionnés. Plus la prévision est rapide, plus le temps d'anticipation est large et moins sera la hauteur des dégâts, notamment en matière de perte en vies humaines.

D'autant plus que le bassin-versant de l'Oued Koriche est doté d'une réponse hydrologique rapide (environ 1 h) : pour prévenir une probable crue et, par la suite, lancer l'alerte, il faut absolument disposer de données instantanées. Actuellement, cet obstacle, ou du moins l'acquisition de la donnée météorologique en temps réel, semble être surmonté. Le 11 juin 2011, a eu lieu le lancement officiel du réseau CHEMS, qui est un réseau de mesure du rayonnement solaire et du potentiel éolien en Algérie. La première station de cette série se situe au niveau de la Station de Mesure Radiométrique et Météorologique de Bouzaréah (CDER ; 345 m d'altitude, latitude 36,8°, longitude 3°). Il s'agit d'une station de mesure professionnelle équipée par des appareils de mesure modernes, disposant de trois pyranomètres, d'un pyrhéliomètre, d'un *sun tracker*, de plusieurs capteurs pour la mesure de la température, de l'humidité, de la pluviométrie, de la pression et de la durée d'insolation, d'un capteur à ultrasons pour la mesure de la vitesse et de la direction du vent et d'un *data logger*. Les mesures du rayonnement solaire et des différents paramètres météorologiques sont mises à jour toutes les 5 min et présentées en temps réel sur la page internet du CDER fig. 6.6 ; (CDER, 2012).



**Fig. 6.6. Configuration des mesures radiométriques et météorologiques diffusées en temps réel par CDER.**

### 6.2.1.2. Alerte

L'alerte est généralement donnée par la collectivité locale dont les services sont supposés être en contact permanent avec les services de prévision. Dans le cas du bassin-versant de l'Oued Koriche et de même pour la plupart des régions algériennes, la Mosquée, qui existe dans toute agglomération algérienne, reste un moyen très efficace et totalement gratuit pour lancer l'alerte à la population. Les mosquées sont toutes dotées d'un minaret équipé de hauts parleurs destinés à faire entendre l'appel à la prière à l'ensemble des habitants de l'agglomération. Le lancement de l'alerte avec les minarets des mosquées peut être un réel gain de temps et d'argent. L'alerte doit être également donnée *via* les médias audio et audiovisuels, par téléphone et/ou par sms.

### 6.2.1.3. Anticipation

Une fois l'alerte donnée, il faut anticiper la crue. Les moyens et les mécanismes d'anticipation diffèrent selon le niveau de l'alerte et la nature du terri-

toire concerné. Dans le bassin-versant de l'Oued Koriche, le risque hydrométéorologique a de multiples facettes (ruissellement superficiel, inondation et crue). Pour cette raison, plusieurs agents et moyens doivent être mobilisés : 1) zone de ruissellement : le bassin-versant de l'Oued Koriche, en raison du système de pente, de la nature de l'occupation du sol et de la spatialisation de son réseau routier, présente un milieu favorable à la formation et à la concentration des ruissellements superficiels. Selon l'endroit où on se trouve et selon l'intensité de l'événement pluvieux, la circulation des personnes doit être limitée (uniquement des personnes adultes par exemple) ou bien interdite ; il en va de même pour la circulation des véhicules. ; 2) *zones de débordement* : lorsque le réseau hydrographique et/ou le réseau d'assainissement débordent, les zones urbaines à proximité encourent un risque d'inondation fort. Dans ce cas, les citoyens doivent se mettre à l'abri, un abri qui peut être le toit de la maison, l'étage ou encore des endroits prévues par la collectivité locale. Il faut également mettre à l'abri tout objet de valeur susceptible d'être endommagé par l'eau. Il faut couper le gaz et l'électricité mais toujours garder son téléphone (portable) allumé et à portée de main. Les zones sujettes aux débordements dans le bassin-versant de l'Oued Koriche sont localisées sur la carte de risque (fig.6.4) ; 3) *zone de formation des crues* : concernant les risque de formation des crues dans le bassin-versant, dès que l'alerte est donnée, la circulation des véhicules doit être strictement interdite sur la voie rapide Chevalet Triollet.. La circulation des personnes dans le quartier de Bab-el-Oued doit être également interdite, ce quartier présentant l'unique exutoire des écoulements formés et concentrés le long de la voie rapide. Les habitants des rez-de-chaussée et des premiers étages (s'il y a lieu) doivent être évacués.

#### **6.2.1.4. Gestion de crise**

Dès que le risque redouté se révèle sur le terrain, les acteurs concernés par la gestion de la crise doivent se déplacer rapidement sur les lieux et agir en har-

monie en appliquant les instructions dictées par le plan ORSEC. En principe, certains d'entre eux devraient y être déjà, tel est le cas des Services de la Protection Civile et des Gendarmes dont le rôle commence avec le déclenchement de l'alerte ; ils doivent assurer l'évacuation de la population vers les centres d'accueil prévus par la collectivité où ils seront en sécurité (ce genre de centre n'existe pas actuellement dans le bassin-versant de l'Oued Koriche), assurer la sécurité des biens (maisons évacuées, locaux commerciaux) et gérer la circulation des automobiles. En plus des Services de la Protection Civile et les gendarmes, d'autres services doivent être mobilisés tels : les services d'assainissement qui sont souvent sollicités pour résoudre certains problèmes de dysfonctionnement ponctuels, en particulier au début de la crise (déboucher les avaloirs, pomper les eaux en dehors de quartier...), les services de santé et de soins d'urgence, les services du réseau routier qui doivent gérer la circulation en dehors de la zone de la crise (trouver des routes de substitution), mais surtout gérer la circulation des véhicules de secours (camions de pompiers, ambulances, véhicules des services de la sécurité) à l'intérieur de la zones de la crise. En Algérie, l'Armée Nationale Populaire (ANP) est aussi mobilisée en cas de risque majeur et leurs principaux rôles au moment de la crise sont : participer aux opérations de sauvetage, assurer la sécurité de la population ainsi que celle de leurs biens matériels. Dans le cas du bassin-versant de l'Oued Koriche, l'ANP peut jouer un rôle déterminant dans la gestion de la crise : en faisant appel à leurs forces terrestres mais surtout aux forces aériennes, capables d'évacuer les personnes prises au piège par la crue ou encore les gens isolés sur les toits de leur maison.

#### **6.2.1.5. Mitigation**

Après le passage de l'événement hydrométéorologique intense qui a frappé le bassin-versant de l'Oued Koriche le 10 novembre 2001, de nombreux secteurs se sont retrouvés sous plusieurs mètres de boue mais les dégâts les plus specta-

culaires ont été observés au-delà du carrefour Triolet, dans le quartier de Bab-el-Oued, où les personnes et les biens ont été recouverts de 3 à 4 m de boue. Les principaux travaux à réaliser pour minimiser le risque sont :

- Immédiatement (court terme) : les premiers travaux de mitigation ont eu comme but de déblayer la boue et récupérer les corps des victimes.
- Moyen terme : curage du réseau hydrographique du bassin-versant de l'Oued Koriche ainsi que l'aménagement de leur versants avec un système de gabionnage ; réhabilitation et curage du collecteur de l'Oued M'Kacel ; installation d'un système d'évacuation au niveau de la voie rapide ; restauration du réseau d'assainissement au niveau de trois horloges situé au cœur de Bab-el-Oued ; réhabilitation de l'ensemble du réseau routier urbain, la conservation et l'entretien des forêts.
- Long terme : dédoublement du collecteur de l'Oued M'Kacel avec un autre tronçon consacré uniquement à l'évacuation des eaux pluviales;; une série de lois (loi n° 01-20 de décembre 2001, loi n° 03-10 du 13 juillet 2003 et loi n° 04-20 de 2004) ont été éditées après la catastrophe de 2001 afin de faire face aux risques majeurs.

#### **6.2.1.5. Prévention**

A travers les informations fournies par les différentes analyses météorologiques, géomorphologiques, hydrologiques et urbanistes effectuées, on a cherché des dispositifs capables de réduire le risque hydrométéorologique dans le bassin-versant de l'Oued Koriche. Les outils de prévention du risque de crue et de ruissellement superficiel sont traditionnellement classés en mesures structurelles et non structurelles (Pottier, 1998 ; Scarwell et Laganier, 2004 ; Beck, 2006). Encore aujourd'hui, les techniques structurelles sont les plus favorisées en milieu urbain. Le choix des techniques d'intervention est également conditionné par le niveau et la nature de l'anthropisation du territoire.

#### **6.2.1.6.1. Mesures structurelles**

Il s'agit en grande partie d'interventions lourdes de type génie civil visant à modifier la réponse hydrologique. Dans le bassin-versant de l'Oued Koriche, c'est uniquement ce type de mesures qui sont entreprises : une grande partie du réseau hydrographique canalisé avec des ovoïdes enterrés ou à ciel ouvert, quelques versants gabionnés. Le choix d'appliquer des mesures structurelles lourdes a été pris afin de pouvoir évacuer le plus rapidement possible l'ensemble des écoulements vers l'aval jusqu'à la mer. Ces mesures ont eu des effets irréversibles sur le terrain. L'analyse du comportement hydrologique du bassin-versant de l'Oued Koriche a mis en évidence que le choix l'évacuation rapide des écoulements vers l'aval, longtemps adopté, a été un mauvais choix, cette technique renforçant le caractère polygénique de la réponse hydrologique.

#### **6.2.1.6.2. Mesures non structurelles**

Les mesures non structurelles visent principalement à réduire le niveau de vulnérabilité, en modifiant certains comportements sur le terrain capables de minimiser l'exposition des enjeux à l'aléa. Elles ne nécessitent pas la mobilisation de moyens d'intervention, matériels et financiers importants. Les mesures non structurelles peuvent être classées en quatre principales catégories :

- A. Modification des modes d'occupation et d'usage du sol
- B. Modification de la vulnérabilité des éléments physiques, tout en gardant les usages initiaux
- C. Engagement d'une gestion dynamique afin de traiter les enjeux mobiles
- D. Système de mutualisation ou d'assurance

## Conclusions

La cartographie des zones à risque de crue et de ruissellement superficiel a révélé que le bassin-versant de l'Oued Korche présente actuellement plusieurs zones à niveau de risque alarmant (risque très fort, risque fort).

La lecture de la carte du risque révèle que le risque de crue et de ruissellement superficiel dans le bassin-versant de l'Oued Koriche est important. C'est pour cette raison que nous nous sommes intéressés à la façon dont ce risque est géré sur le terrain. En utilisant l'une des démarches scientifiques appliquée à la gestion du risque, on a pu à la fois évaluer l'état actuel de la gestion du risque, souligner les anomalies que présente le système de gestion local et proposer des outils de prévention dans le but d'améliorer la situation actuelle :

1. A travers cette étude on a pu constater que les outils de prévision météorologique ont connu de gros progrès avec le lancement du réseau CHEMS, qui est capable de fournir de nombreuses données météorologiques avec un très bon niveau de précision.
2. Les prévisions hydrologiques et hydrométéorologiques, qui permettent de prévoir la transcription hydrologique de l'événement météorologique sur le terrain, reste aujourd'hui inexistante dans l'Oued Koriche. A noter ici que les prévisions hydrométéorologiques sont indispensables dans la gestion du risque de crue et de ruissellement superficiel : sans cette donnée, on ne peut ni fixer la hauteur de l'alerte à donner, ni bien organiser la phase d'anticipation et, par la suite, on ne peut tout simplement pas assurer une gestion efficace de la crise.
3. Les citoyens n'ont pas été alertés le jour de l'événement du 10 novembre 2001. Aujourd'hui encore, les services responsables et les outils utilisés pour donner l'alerte restent non définis sur le terrain. Une fois l'alerte donnée, il faut anticiper la crise, les moyens d'anticipation étant très nombreux et différant selon la nature (inondation, crue, ruissellement superficiel) et le niveau de risque.

4. La gestion de la crise, pour être efficace, doit être organisée et assurée selon des consignes développées dans le plan ORSEC. Ces types de plan sont, encore aujourd'hui, absents dans le bassin-versant de l'Oued Koriche. Cette absence de plan ORSEC est l'une des principales causes de la désastreuse gestion de la crise du 10 novembre 2001.

5. Après le passage de la crise vient les travaux de mitigation, qui assurent la reprise progressive de la fonctionnalité du territoire.

En se servant de l'ensemble des informations, des analyses, on a essayé de trouver des outils et des techniques de prévention (structurelles et non structurelles) capables de réduire le risque hydrométéorologique dans le bassin-versant de l'Oued Koriche. Concernant les mesures structurelles, elles restent jusqu'à présent les plus favorisées par les collectivités. Plusieurs de ses approches peuvent être théoriquement appliquées au bassin-versant de l'Oued Koriche, chacune présentant des avantages et des inconvénients. Les mesures structurelles dans le bassin-versant de l'Oued Koriche ne peuvent pas régler définitivement le problème des crues et du ruissellement superficiel car il est impossible d'opter pour un dimensionnement optimal du réseau pluvial ou des ouvrages de rétention, capable d'évacuer ou de stocker une crue centennale (le rapport coûts-bénéfices n'est pas favorable à cela). Même si les aménagements sont suffisamment bien dimensionnés pour faire face à une crue centennale, le caractère intrinsèque des événements météorologiques (cyclogenèse très intense, à plusieurs pics) peut rapidement inhiber le fonctionnement de ces derniers : 1) en raison du caractère très intense des pluies et les pentes raides du bassin-versant de l'Oued Koriche, la capacité d'infiltration et d'évacuation des eaux dans le réseau pluvial peut être rapidement dépassée ; 2) en raison des pics multiples observés pour un même épisode pluvieux, les aménagements de type ouvrage de rétention, une fois remplis, n'assureront plus aucun rôle et, lors du second pic d'intensité, le bassin-versant reprend un fonctionnement hydrologique normal. D'un autre côté,

té, ces aménagements peuvent être eux-mêmes une source de risque car il donne un faux sentiment de sécurité aux citoyens.

Les mesures non structurelles visent à atténuer le risque en minimisant l'exposition des enjeux à l'aléa. Il existe de nombreuses approches d'intervention possible dont les principales sont : la modification des modes d'occupation et d'usage des sols ; la modification de la vulnérabilité des éléments physiques, tout en gardant les usages initiaux ; l'engagement d'une gestion dynamique afin de traiter les enjeux mobiles. Ces mesures sont beaucoup moins coûteuses, en comparaison avec les mesures structurelles, et plus respectueuses du fonctionnement hydrologique naturel et de l'environnement. Dans le cas de l'Oued Koriche, ces dernières peuvent être un très bon remède contre les crues et les ruissellements rapides et intenses, en particulier pour une gestion dynamique des enjeux mobiles destinée à réduire significativement les pertes en vies humaines.

**Conclusion général :**

L'ensemble des travaux menés sur le Massif de Bouzaréah et tout particulièrement sur le bassin-versant de l'Oued Koriche nous a permis de mieux comprendre le fonctionnement de l'hydrosystème au-delà de l'unité « bassin-versant » communément utilisée dans les études hydrologiques. Ça nous a permis également de tracer un premier état des lieux (analyse et cartographie) concernant le niveau du risque de crue et de ruissellement superficiel. Cependant, ce travail nous a amené à poser de nombreuses questions qui sont restées sans réponse, d'où la nécessité de compléter les analyses réalisées ou entrepris ici afin de pouvoir comprendre au mieux l'inscription des phénomènes de crues et de ruissellements superficiels dans ce terrain très complexe, et pouvoir par la suite les gérer convenablement :

1. L'un des facteurs les plus aggravants du risque de crue et de ruissellement superficiel observés dans le bassin-versant de l'Oued Koriche est la forte charge solide. Un problème qui n'a pas pu être pris en considération dans le présent travail, ni d'ailleurs par les autres travaux réalisés sur ce terrain. On a pu simuler uniquement des eaux claires et non des eaux chargées, cette dernière simulation reste très difficile à réaliser correctement, du fait que la source exacte qui alimente les eaux par leur charge solide reste méconnue. Pour pouvoir avancer sur cet aspect, il faudrait mener un travail plus fin dans le but d'établir une carte des formations superficielles à l'échelle du bassin-versant.
2. Suite à notre travail de terrain, on a constaté que le réseau d'assainissement est rapidement inhibé en particulier les avaloirs de collecte des eaux de ruissellement en zone urbaine.

Cela est dû au fait que les capacités d'infiltration des eaux sont dépassées par le caractère torrentiel des écoulements en surface, ce qui maintient la circulation des écoulements en surface.

Il est donc nécessaire d'engager un travail en hydraulique dans le but de concevoir d'autres structures d'ouvrage (canaux à ciel ouvert, ouvrages de réception, avaloirs) spécifiques à la collecte et à la réception des crues rapides s'écoulant sur un relief à fortes pentes.

3. Les événements cyclogénétiques observés en climat méditerranéen sont souvent accompagnés de rafales de vent très fortes, provoquant l'écrasement brutal des vagues sur le littoral. Sachant que l'exutoire du bassin-versant de l'Oued Koriche, les points de rejets du réseau d'assainissement ainsi que celui du réseau pluvial (en cours de construction) se trouvent tous au niveau du littoral en contact direct avec la mer, la question qui se pose ici est : quel effet ce phénomène aura-t-il sur la capacité d'évacuation de la crue à l'exutoire du bassin-versant ou au niveau des points de rejet des réseaux d'évacuation hydraulique ? Un effet qui reste, à notre connaissance, non quantifié, ce qui peut mettre en cause les valeurs de capacité d'évacuation des collecteurs (réseau d'assainissement et réseau pluvial) communiquées, car elles étaient estimées en supposant que le réseau d'évacuation fonctionne en pleine capacité. On peut également se demander l'effet qu'ont les eaux marines au débouché de l'Oued M'Kacel sur l'évacuation de la crue à l'exutoire : l'hypothèse que celles-ci ont pu ralentir (voire stopper) l'évacuation des eaux au niveau de l'exutoire naturel de l'Oued Koriche est plus que probable.

L'exploitation des données climatiques du Massif de Bouzaréah nous a permis de relever un événement météorologique au cumul comparable à celui des 9-10 novembre 2001 (263 mm). Ce dernier a été observé les 28-29 novembre 2007 (233,5 mm), les dégâts ont été incomparables au niveau du Grand

Alger : quelques dégâts matériels, 3 morts et 6 blessés légers. Ce qui permet de poser la question : pourquoi des événements météorologiques de cumuls proches reçus par un territoire semblable génèrent-ils des réponses hydrologiques très différentes ? De nombreuses réponses peuvent être fournies à cette question : 1) *répartition spatio-temporelle de l'événement météorologique différente* : on a pu constater avant que *la magnitude même de l'aléa s'explique dans la distribution des pluies dans le temps*, mais également dans l'espace (épicerie de l'événement), ce qui laisse penser qu'en 2007, la distribution de l'événement météorologique a sans doute été différente de celle de 2001. D'où l'intérêt dans ce contexte climatique de mettre en place des stations météorologiques capables de prévoir et de mesurer à une échelle spatio-temporelle très fine les différents données météorologiques ; 2) *autres facteurs inconnus* : il est possible que la différence de la réponse ne vienne pas uniquement de la répartition dans le temps et dans l'espace de l'événement météorologique, et que ce très grand écart puissent venir d'autres facteurs qui restent pour l'heure non étudiés.

## Références Bibliothèques

- BACHI .M, «Problématique de risque inondation en milieu urbain, cas de l'agglomération de Sidi Bel Abbas», Université Aboubakr Belkaïd - Tlemcen -, Faculté de Technologie, Département d'Hydraulique, (2011), P 05.
- Benseddik M., Djabri H., 2003. *Les intempéries catastrophiques du 10/11/2001, causes et conséquences dans le bassin de l'Oued Lazhar (Bouzaréah-Bab el Oued)*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du grade d'ingénieur d'état, Faculté des sciences de la Terre, de la géographie et de l'aménagement de territoire, USTHB, Alger, 92 p.
- Centre Européen de Prévention du Risque d'Inondation (CEPRI)., 2009. Un logement « Zéro dommage » face au risque d'inondation est-il possible ? *Néologis*. Disponible sur : [www.néologie.fr](http://www.néologie.fr).
- Chocat B., 1989. *La crue de l'yzeron du 29 avril 1989 ; premiers éléments d'analyse*. Rapport interne INSA-LYON.
- Chocat, B., 1997. *Encyclopédie de l'Hydrologie Urbaine et de l'Assainissement*. EURYDICE 92, 1124 p.
- Cosandey C., 2003. *Les eaux courantes, Géographie et environnement*. Paris. Belin, "Sup géographie", 239 p.
- DAUPHINÉ. A, «Risques et catastrophes : observer - spatialiser - comprendre. Gérer », Armand Colin, Paris, (2001), P 288.
- Djellouli Y., Saci A., 2003. Catastrophe « Naturelle » : Les inondations dévastatrices du 9 et 10 novembre 2001 à Beb El Oued (Alger, Algérie). *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*. n° 23, 236-242.

- Fombe L. and Balgah S. N, 2012 «the urbanization process in Cameroon: patterns, implications and prospects» Nova Science Publishers, Inc. New York 215 pages)
- Gaber J, Orignac P, Masse E, Beaumont G, Deronzier P., 2007. *Évaluations socio-économiques des instruments de prévention des inondations, Collection « Études et synthèses »*. Paris. 4 p.
- Gaillard D., Delahaye D, Langlois P., 2006. *Modélisation du Ruissellement-érosif par automate cellulaire. Inté-rêt d'une approche déterministe du risque*. Actes du Colloque International « Interactions Nature-Société, analyse et modèles », La Baule, 5p.
- Glangeaud L., 1932. Etude géologique de la région littorale de la province d'Alger. Thèse Doct. Es Sc., Bull.Serv. Carte Géol. Algérie, 2, 8, 608 p., 110 fig., 28 pl. photo, 5 pl. h. t.
- HARKAT. N ; «Vulnérabilité de la ville de Sétif face au risque environnemental Cas de la zone industrielle», Université Mentouri de Constantine, Faculté des sciences de la terre, de la géographie et de l'aménagement du territoire Département d'architecture et d'urbanisme, (Mai 2012), P 17.
- Hakimi Z., 2002. Du plan communal au plan régional de la ville d'Alger (1931-1948). *Labyrinthe*, Actualité de la recherche, n°13, 131-136. Disponible sur : [http://labyrinthe.revues.org /index1493.html](http://labyrinthe.revues.org/index1493.html).
- Hamadache B., Terchi A., Brachemi O., 2002. Study of the meteorological situation which affected the west and the center of Algeria in general and Bab-el-Oued in particular on the 10th November 2001. *Proceedings of the 4th EGS Plinius Conference held at Mallorca*, Universitat de les Illes Balears, Spain, 8 p.

- Howard A.D., 1967. Drainage analysis in geology interpretation: a summation, *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.*, Tulsa, n°51, 2246-2259.
- Hubert G et Ledoux B., 1999. Le coût du risque. L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations. *Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées*, 20-83.
- ISL-BRGM., 2006. *Etude de réduction de la vulnérabilité du massif de Bouzaréah aux catastrophes naturelles*. Rapport de tâche R3114, volume 2, 6-42.
- Joos F., 2006. *Contribution à la gestion intégrée de l'eau pluviale en milieu urbain. Un système d'information pour l'aide à la planification urbaine et pour l'aide à l'élaboration et au suivi de projet d'aménagement*. Thèse de doctorat (spécialité : génie civil et urbain), université d'Artois, 288 p.
- La loi 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques et la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.
- Mahdjoub Y., 1981. *La déformation plastique d'échelle microscopique dans les unités tectoniques du massif d'Alger. Un écaillage contemporain de la mylonitisation épizonale*. Thèse Doc. 3ème Cycle, USTHB, Alger (Algérie), 196 p
- Menad W., Douvinet J., Beltrando G., Arnaud-Fassetta G., 2012. Evaluer l'influence de l'urbanisation face à un aléa météorologique remarquable : les inondations des 9-10 novembre 2001 à Bab-el-Oued (Alger, Algérie). Vol. 03. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, sous presse, 81-94
- Menad W., Douvinet J., Arnaud-Fassetta G., 2011. Le risque d'inondation dans l'oued Koriche (Massif de Bou-zaréah, Alger ouest) : analyse systémique de l'aléa et facteurs de vulnérabilité. *Actes du colloque international Risques naturels en Méditerranée occidentale*, Carcassonne, ville d'édition, 11 p.

- Mesbah A., 2010. 40 MILLIONS DE DINARD POUR UN DISPOSITIF DE PROTECTION. Beb-El-Oued ne connaîtra plus d'inondation. *L'EXPRESSION dz.com*. Disponible sur : <http://www.lexpressiondz.com/actualite/73516-bab-el-oued-ne-conna%C3%A9tra-plus-d%E2%80%99inondations.html>.
- Moussu H.M., 1962. *Description des schistes cristallins du massif de Bouzareah (Alger)*. Bull. Serv. Carte Géol. Algérie, Nelle série, 30, 229 p.
- Musy A., Higy C., 2004. *Hydrologie, une science de la nature*. Coll. Gérer l'environnement, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 314 p.
- Musy A., Soutter M., 1991. *Physique du sol*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 335 p.
- Office National de la Météorologie., 2002. Un résumé de la situation météorologique exceptionnelle ayant affectée le centre et l'ouest du nord Algérie et en particulier la zone urbaine d'Alger les 9 et 10 novembre 2001. *Note technique N°001*, 6 p.
- Office National de la Météorologie., 2006. Résumé de la situation météorologique exceptionnelle sur le nord de l'Algérie du 3 au 5 mai 2006. Analyse préliminaire, 22 p.
- Office National de la Météorologie (ONM)., 2002. *Un résumé de la situation météorologique exceptionnelle ayant affectée le centre et l'ouest du nord Algérie et en particulier la zone urbaine d'Alger les 9 et 10 novembre 2001*. Note technique, n°1, 6 p.
- Phillips V- T J; Choularton T-W ; Illingworth A-J; Hogan R- J; Field P-R., 2006. Simulations of the glaciation of a frontal mixed-phase cloud with the Explicit Microphysics Model. In Quarterly Journal of the Royal Meteorological

Society, n°129, 1351–1371. disponible sur <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/qj.v129:590/issuetoc>).

- Phipps M., Langlois A., 1997. Automates cellulaires. Application à la simulation urbaine. Editions Hermès, Collection sciences, Paris, 208 p.

- Phipps M., 1989. Dynamical behavior of cellular automata under the constraint of neighborhood coherence. *Geographical Analysis* 21, 197-215.

- Phipps, M. J. 1992. From local to global: The lesson of cellular automata. 165-187 in D. L. De Angelis and L. J. Gross, editors. Individual-based models and approaches in ecology. Chapman & Hall, London.

- Redjimi M., 2000. *De l'empire à l'Etat démiurge. La recomposition du territoire algérien (1830-1990)*. Thèse de doctorat en géographie, Université Paul-Valéry (Montpellier 3), 598 p.

REJET. S, «Anthropologie d'une catastrophe, les coulées de boue de 1999 au Venezuela », Sorbonne nouvelle (2007), P 55.

- Royer L., 1933. Etude pétrographique des roches métamorphiques du massif d'Alger. *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie, travaux récents des collaborateurs, II*, 33-35.

- Saadallah A., 1981. *Le massif cristallophyllien d'El-Djazair (Alger) : évolution d'un charriage à vergence nord dans les internides des Maghrébides*. Thèse Doc. 3ème Cycle, USTHB, Alger (Algérie), 160 p.

- SALOMON. J, «L'homme face aux crues et aux inondations », presses universitaires de Bordeaux, 1997, P80

- Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger (SEAAL)., 2008. *Actualisa*

- tion du schéma directeur d'assainissement de la Wilaya d'Alger. Phase A1 – Etat des lieux – Recueil de données. Rapport de synthèse, 137 p.*
- Smail M., 2005. Prévention des risques majeurs urbains. *Colloque Réseau urbain Europe MENA : les rendez vous des villes*, Alger, 20 p. Disponible sur : [http://www.euromedina.org/bibliotheque\\_fichiers/interventions\\_alger.htm](http://www.euromedina.org/bibliotheque_fichiers/interventions_alger.htm).
  - Texier P., 2009. *Vulnérabilité et réduction des risques liés à l'eau dans les quartiers informels de Jakarta, Indo-nésie. Réponses sociales, institutionnelles et non institutionnelles*, Thèse de géographie, université Paris-Diderot (Paris 7), 416 p. + annexes.
  - Venis B., 1953. Pluies et déluges sur Alger. *Bulletin municipal*, n°12. 1 p. :[http://algeroi.fr/Alger//faits\\_divers/pages/18\\_pluies\\_deluge\\_bulletin\\_1953\\_venis.htm](http://algeroi.fr/Alger//faits_divers/pages/18_pluies_deluge_bulletin_1953_venis.htm).
  - XAVIER .L et JEAN.P, «Risque et urbanisme», le moniteur, Paris 2004, P 13.
  - XAVIER .L et JEAN.P, «Risque et urbanisme», le moniteur, Paris 2004, P 53.
  - Zech Y., 1995. Prévision et maîtrise des crues. *Un défi remarquable pour l'ingénieur, Louvain Ingénieurs, 1995-4, Association des Ingénieurs de l'UCL*, Louvain-la-Neuve, 4-6.
  - Yacou A., et al., 1999. *Les catastrophes naturelles aux Antilles, d'une souffrière à une autre*. Karthala-CERC, 324 p
  - Yen B.C., 1986. Rainfall-runoff process on urban catchments and its modeling. *Urban Drainage Modeling*, Du-brovnik, *Pergamon Press editor*, London, UK, 3-26.
  - <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Risques-technologiques,12992.html>
  - [www.prim.net](http://www.prim.net)

# *Introduction générale*

# *Première Partie*

«Risque d'inondation, comprendre pour mieux gérer».

Chapitre 1 : Généralités.

Chapitre 2. Paramètres et mécanismes de genèse des crues et du ruissellement superficiel

## **Chapitre 1 : Généralités.**

**Chapitre 2** : Paramètres et mécanismes de genèse des crues et du ruissellement superficiel

# *Deuxième Partie*

*« Vers une évaluation objective de vulnérabilité urbaine face au risque d'inondation ».*

**Chapitre 3 : Contexte sociétal du risque hydrométéorologique à Alger.**

**Chapitre 4. Contexte physique du risque hydrométéorologique à Alger : caractérisation et intérêt de l'étude**

**Chapitre 3 : Contexte sociétal du risque hydrométéorologique à Alger**

**Chapitre 4** : Contexte physique du risque hydrométéorologique à Alger : caractérisation et intérêt de l'étude

# *Troisième Partie*

*«Contribution de la thèse à l'étude du risque hydrométéorologique à Alger»*

Chapitre 5 : Analyse systémique du risque hydrométéorologique dans le bassin-versant de l'Oued Koriche: pourquoi un niveau de risque aussi élevé ?

Chapitre 6. Cartographie et gestion du risque de crue et de ruissellement superficiel dans le bassin-versant de l'Oued Koriche

**Chapitre 5 :** Analyse systémique du risque hydrométéorologique dans le bassin-versant de l'Oued Koriche: pourquoi un niveau de risque aussi élevé ?

**Chapitre 6:** Cartographie et gestion du risque de crue et de ruissellement superficiel dans le bassin-versant de l'Oued Koriche

# *Conclusion générale*

# *Références Bibliothèques*