

**CENTRE DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES ET
TECHNIQUES SUR LES REGIONS ARIDES**

**CR
ST
RA**

ACTES

**DES JOURNEES TECHNIQUES :
RISQUES NATURELS : INONDATION, PREVISION,
PROTECTION
15 et 16 décembre 2004 à Batna**

Organisées par:

Le CRSTRA

En collaboration avec

L'UNIVERSITE DE BATNA, LE DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE,

LE LABORATOIRE LRNAT

Et

LE RESEAU EURO MEDITERRANEEN DES CENTRES SPECIALISES EUR- OPA -

RISQUES MAJEURS



**UNIVERSITE DE BATNA
LABORATOIRE DES RISQUES NATURELS ET
D'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE (LRNAT).
LE DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE.**



**Le Centre de Recherche Scientifique
et Technique sur les Régions Arides
(C.R.S.T.R.A.).BISKRA**



**Le Réseau Euro - méditerranéen
des Centres spécialisés
EUR-OPA-Risques-Majeurs**

Sommaire

PROBLEMATIQUE :.....

ALLOCUTION D'OUVERTURE : Madame la Directrice Générale du CRSTRA

PREMIERE SEANCE : LES INONDATIONS EN ALGERIE.

SAIDI. A: Les crues et la protection contre les inondations01

MASSUE. J. P: L'accord du conseil de l'Europe EUROPA risques majeurs au service de la coopération euro méditerranéenne pour la prévention des risques.....11

LESCURE. M: Politique de gestion des inondations en France L'exemple du Gard.
.....25

KALA. M: Entre aléas climatiques, le risque d'inondation et l'aménagement du territoire.....37

LAHLAH. S : Les inondations en Algérie.....43

GUENEFI. D: Gestion Risque Inondation- Application réglementaire pour la sauvegarde des personnes et des biens.....58

BENHLOULI. L : Les risques majeurs liés à l'eau et leur impact.....63

DEUXIEME SEANCE : PREVISION – PROTECTION.

DJEGHAR. A: L'urbanisme non contrôlé et lutte contre les risques naturels liés à l'eau.....74

ZEBIRI A: Identification et caractérisation du risque d'inondation, Le cas de la ville de Constantine et d'une section de l'Oued Boumerzoug.....83

TROISIEME SEANCE : ETUDE DE CAS.

NEMILI. Z : Régimes des crues dans la région des hauts plateaux et risque d'affouillement à l'aval des ouvrages d'art.....99

CEMALI. N : Les inondations du 30 septembre 2001a Oued el Athmania et a Gourzy (wilaya de Constantine)..... 109

SID .S: L'impact des inondations dans les sous bassins d'oued- Kebir dans la ville de Tébessa.....116

QUATRIEME SEANCE : MODELISATION – SIG – BASE DEONNEES.

CHIKH. M: Apport des nouveaux outils d'investigations pour les prédictions des inondations.....124

KEBIR. L: Intégration et exploitation des données Alsat 1 pour la gestion et le suivi des inondations.....135

MEBARKI. A : Des pluies annuelles moyennes aux pluies journalières extrêmes : Approche a l'aide de la cartographie automatique appliquée à l'Est Algérien.....142

DIF. A: Intégration de MNT dans les études hydrologiques pour la prédétermination des crues dans les bassins versants des zones semi- arides..... 158

MENANI. M. R : Approche statistique de l'influence des caractéristiques physiques des bassins versants sur les écoulements aux exutoires.....169

Recommandations.....177

Liste des participants179

PROBLEMATIQUE

L'eau sous toutes ses formes (fleuves et rivières, lacs, étangs, marais, zones humides, nappes souterraines), joue des rôles multiples dans le fonctionnement des écosystèmes. Pourtant, elle est également source de graves difficultés en particulier dans les domaines de la santé et de l'environnement.

Les évolutions climatiques engendrent parfois des crues ou inondations et orages brutaux qui sont sans doute le risque naturel majeur qui fait le plus de victimes et de dégâts à travers le monde.

En Algérie, au regard de l'aridité de la majeure partie du territoire, la question de l'eau revêt la forme d'une crise aigue qui retentit négativement sur le cadre de vie, la santé des populations, l'emploi ainsi que le développement agricole et industriel du pays. Toutefois, l'Algérie loin d'être le pays le plus touché par les inondations, n'est cependant pas épargné. En effet, la non maîtrise de l'urbanisation des zones inondables, là où se sont développées des habitations ou des activités et la construction accrue de grands équipements et de structures routières et autoroutières, favorisent l'expansion des crues.

Certes, nous ne sommes pas encore en mesure de maîtriser les forces de la nature mais nous sommes cependant capables d'endiguer cours d'eau et marées et de construire des ouvrages suffisamment résistants pour neutraliser en partie, voire en totalité, les forces de la nature ; et comme les phénomènes naturels ne sont pas près de cesser, il importe de faire face aux problèmes qu'ils suscitent par le biais de mesures de prévention, d'atténuation et de préparation appropriées. La prévention est essentielle, qu'il s'agisse de recenser les dangers naturels, d'évaluer les menaces qu'ils font peser sur les personnes et les biens. Alors quelles méthodes sont mises en œuvre pour prévoir ce risque naturel ? Et quels sont les types d'impacts qui doivent être examinés ?

OBJECTIFS

Afin d'apporter rapidement des solutions aux problèmes qui se posent ou risquent de se poser à court et moyen termes ; et pour être capables d'assurer une gestion intégrée et durable de l'eau, ces journées d'étude visent les objectifs spécifiques suivants:

- ✚ protection contre le risque naturel d'inondation;
- ✚ contrôle des eaux pluviales de ruissellement en zone urbanisée.
- ✚ satisfaction des besoins rationnels et légitimes des différentes catégories d'usagers, en cohérence avec un aménagement des territoires des bassins ; la préservation durable des ressources et des écosystèmes liés à l'eau.
- ✚ maîtrise des risques d'inondation, et l'application des réglementations sur les zones à risques.

THEMES

Dans les thèmes suscités, il est à prendre en considération les principaux objectifs des journées d'étude à savoir : l'estimation du risque naturel, la prévention et la protection.

- ✚ Eaux de surface, crues exceptionnelles, prédétermination des débits de crue
- ✚ Changements climatiques ; exploitation de l'imagerie satellitaire dans le domaine des inondations
- ✚ Incidence de l'urbanisation et de l'activité humaine sur le risque inondation
- ✚ Aménagement et contrôle des bassins
- ✚ Lutte contre les inondations : Evaluation technique et économique
- ✚ Prévion des crues
- ✚ Divers types de protection : reprofilage, rescindement des berges, endiguements, coupures et méandres,...
- ✚ Réglementation pour la protection et l'évacuation des biens et des personnes.

ALLOCUTION D'OUVERTURE

Madame KHAMMAR. F : Directrice Générale du CRSTRA

Monsieur le Wali ;

Monsieur le Président de l'APW ;

Monsieur le Recteur de l'Université Hadj lakhdar de Batna ;

Monsieur le Président de l'APC ;

Mes chers collègues enseignants et chercheurs ;

Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs,

C'est un honneur pour moi et un plaisir d'être avec vous aujourd'hui à l'occasion de ces journées d'études qui traitent d'un sujet important dans le domaine des Risques Naturels : Inondation, Prévision et Protection.

L'inondation est un risque majeur aux conséquences humaines et matérielles préjudiciables. Le risque d'inondation découle généralement de deux ensembles de facteurs :

- ceux propres à la nature ;
- ceux liés à l'activité humaine.

Nous ne sommes pas en mesure de maîtriser les forces les forces de la nature, mais nous sommes capables de connaître, de recenser, identifier, évaluer, prévenir et maîtriser les risques et les dangers et faire face aux menaces pesant sur les personnes et sur les biens.

Quelles méthodes pouvons- nous mettre en œuvre pour prévoir ces risques naturels majeurs et d'évaluer les impacts qui peuvent y être associés ?

La réalité géoclimatique algérienne, celle- ci caractérisée par un climat semi-aride à aride, contribue à constituer un enjeu permanent à laquelle s'ajoute la vulnérabilité du milieu

aussi bien physique qu'humaine ce qui renforce le danger et les risques multiples et complexes qu'ils soient sociaux, sanitaires, économiques, environnementaux.

Ceci impose la nécessité d'assurer la protection des eaux et des terres par la mise en place d'outils techniques et réglementaires adaptés à une gestion rationnelle et durable.

Toutes ces questions interpellent la communauté scientifique d'une part mais également les décideurs : gestionnaires et collectivités locales, aménagistes du territoire et citoyens sur les risques réels ou potentiels liés aux catastrophes ainsi que sur les solutions rapides et efficaces à envisager, cela pour assurer une gestion intégrée et durable des phénomènes aussi bien naturels qu'anthropiques. Cela évitera des catastrophes écologiques, à court ou à moyen terme.

Ainsi, le Centre de Recherche Scientifique et technique sur les Régions Arides, le laboratoire des Risques Naturels et d' Aménagement du Territoire de l'Université Hadj LAKHDAR, et EUR-OPA Risques Majeurs, ont été amenés à organiser ces journées d'études réunissant ensemble experts, chercheurs et décideurs.

PREMIERE SEANCE :
« LES INONDATIONS EN ALGERIE »

LES CRUES ET LA PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS

SAIDI Abderrahmane *

*Chargé d'études et de synthèse Ministère des Ressources en Eau.

RESUME :

La présente communication traite la problématique des inondations de crues. Son but est de mettre en évidence les préoccupations essentielles à examiner et à prendre en compte dans le domaine de la lutte et de la protection contre les crues. A ce titre, elle pose les questions et problèmes à résoudre dans le cadre des aménagements destinés à la protection contre les crues. Les aspects essentiels suivants y sont développés :

- Prédétermination des débits de la « *crue maximale* » et de la « *crue de projet* » ;
- Prévision des crues ;
- Comparaison technique et économique: classification, champ d'action et limites d'emploi des divers types de protection ;
- Dispositions réglementaires concernant la protection contre les inondations.

INTRODUCTION

Il faut reconnaître quelque chose de très irritant dans l'irrégularité de l'apparition des crues exceptionnelles. On donne souvent raison à ceux qui pensent qu'il n'y a pas de limites dans la puissance de destruction de la nature, lorsque des circonstances défavorables sont réunies. Pourtant pour agir, l'ingénieur a besoin de s'imposer une limite aux débits de crues en fonction desquels il doit concevoir les ouvrages hydrauliques.

Pour aboutir au choix et dimensionnement raisonnable d'ouvrages de protection contre les crues, il faut pouvoir mettre en balance dans une étude économique complète les dépenses certaines des investissements et les dégâts éventuels. Alors il est indispensable de disposer d'une loi de probabilité des débits de crue. Depuis de nombreuses années des ingénieurs éminents travaillent sur ce problème.

L'intérêt de la prévision et de l'annonce des crues est évident. Annoncer une crue est la première manière de se défendre contre elle en permettant le renforcement des ouvrages de protection, la mise à l'abri des biens et en tous les cas la sauvegarde des vies humaines.

Qu'il s'agisse de dimensionnement des réservoirs d'accumulation, de leurs consignes d'exploitation, de l'effet de l'endiguement, rectifications et coupures de lits, du choix entre différentes solutions techniques et de la justification de leur rentabilité, on note l'effort considérable qui a été fait pour apporter aux ingénieurs et aux responsables des décisions, des moyens d'études qui sont à la hauteur des possibilités que les techniques modernes d'exécution des travaux leur donnent :

- étude économique complète de l'aménagement d'un bassin suivant des schémas prenant en compte à la fois le prix des ouvrages et la réduction prévisibles des dommages ;
- l'optimisation des règles d'exploitation ;
- le calcul des écoulements fluviaux ;
- la prévision pour le calcul des affouillements et de l'évolution des lits.

En définitive, la problématique des crues et des dégâts qu'elles peuvent occasionner est structurée autour de six grandes questions thématiques, qui vont être passées en revue dans la présente communication :

- Prédétermination des débits de la « *crue maximale* » et de la « *crue de projet* » ;
- Prévision des crues ;
- Comparaison technique et économique: champ d'action et limites d'emploi, des divers types de protection ;
- Protection par réservoirs ;
- Protection par correction des lits: rescindements des berges, endiguements longitudinaux, coupures de méandres.

I- PREDETERMINATION DES DEBITS DE LA « CRUE MAXIMALE » ET DE LA « CRUE DE PROJET »

La prédétermination des débits de la crue maximale et de la crue de projet est un problème extrêmement délicat qu'il n'est question d'épuiser au cours des présentes journées techniques. Il est même difficile de faire le point d'une façon exhaustive, étant donné les différentes méthodes utilisées un peu partout dans le monde. Cette question est, par ailleurs, une affaire de spécialiste.

Il paraît utile toutefois de faire une revue sommaire de l'important déploiement de recettes, de formules mathématiques, de méthodes plus ou moins sophistiquées que les

hydrologues ont utilisées, parfois seules, le plus souvent concurremment, pour tenter d'évaluer la crue maximale possible ou probable en un point d'une rivière.

Parmi les procédés empiriques on peut citer :

- la méthode des crues historiques qui souffre du peu de signification de la plus forte valeur connue puisqu'elle est régulièrement dépassée ;
- les formules « *a priori* » faisant intervenir les dimensions et certaines caractéristiques physiques du bassin versant ;
- la méthode de la courbe enveloppe, mais maintenant largement dépassée.

La méthode statistique qui consiste à ajuster une loi de probabilité à une série de débits extrêmes observés, puis à extrapoler la loi à des débits dont la probabilité d'occurrence est faible.

Les diverses méthodes « dites analytiques » qui tentent d'utiliser l'information pluviométrique et qui, se rattachent à la technique de l'hydrogramme unitaire. On conçoit qu'il soit possible à l'aide de tel modèle préconçu et plus ou moins perfectionné, de calculer le débit maximum correspondant à une averse donnée, mais le problème est ensuite d'affecter une probabilité au débit ainsi obtenu.

II- PREVISION DES CRUES

La problématique de la prévision des crues envisage le problème sous deux angles différents. La première liée à la prédétermination, considère les circonstances les plus défavorables qui sont susceptibles de se produire au cours de la vie d'un ouvrage hydraulique, circonstances dont il y a lieu de tenir compte pour protéger cet ouvrage de telle sorte qu'il réponde aux buts pour lesquels on désire le construire. La deuxième concerne la prévision que l'on peut faire à un instant bien déterminé de l'évolution du débit d'un cours d'eau, en fonction de ce qui est connu à cet instant, et éventuellement de ce qui peut être raisonnablement prévu dans l'avenir proche, de manière à pouvoir prendre les décisions nécessaires pour faire face à la situation qui est susceptible de se créer.

Il y a lieu tout d'abord de rechercher qui peut être intéressé par une prévision de crues, et quelles sont les caractéristiques des crues qui intéressent les divers bénéficiaires de l'annonce, ce qui éclairera sur la nature des prévisions à faire.

Les zones submergées naturellement en cas de crue peuvent être ou non protégées par des ouvrages, des digues notamment. Les digues en terre utilisées en pleine campagne sont

particulièrement fragiles et susceptibles de se rompre. Il est donc nécessaire de mettre en alerte les services chargés de leur surveillance.

Dans les agglomérations, la protection est assurée par des ouvrages en béton ou maçonnerie, et les services de voirie sont intéressés par la prévision des crues.

Les vallées inondables sont souvent particulièrement fertiles où s'y développe une agriculture riche, caractérisée par des investissements coûteux : bâtiments d'exploitation, serres, réseaux d'irrigation, et de drainage, stations de pompes, voies de circulation, industries, urbanisation accélérée dans les zones submersibles... En cas de crue, il faut donc faire le nécessaire pour limiter le plus possible les dégâts tant aux personnes privées, qu'aux entreprises, aux équipements et infrastructures. Ces dégâts peuvent être particulièrement lourds en cas d'inondations.

L'annonce des crues constitue un moyen de protection passive particulièrement utile. Elle permet d'informer les intéressés des dangers qu'ils encourent et les invite à faire le nécessaire pour limiter les dégâts : évacuation des biens et replis des chantiers par exemple; elle permet à l'administration de prendre les mesures de police et de défense qu'appelle la situation, de préparer l'évacuation de la population, etc.

Dans certains cas particuliers, une prévision de crue ou de décrue, peut être faite à longue échéance, pour permettre aux agriculteurs de choisir l'époque la plus favorable à la mise en culture des zones soumises à l'inondation.

Les paramètres dont il importe de prévoir l'évolution varient donc avec l'objet recherché: tantôt la cote qui sera atteinte à un instant donné en un lieu défini (ou du débit correspondant), tantôt du volume d'eau.

En fonction des circonstances, il est possible d'effectuer la prévision avec une précision très variable. Dans les parties hautes d'un bassin, la formation des crues se faisant trop rapidement, il n'est possible de donner qu'une alerte non chiffrée. Plus en aval, on dispose d'éléments suffisants pour prévoir la pointe de crue, son volume, et même son hydrogramme.

Le délai dans lequel est faite la prévision, doit évidemment être aussi long que possible.

Les conditions naturelles et l'objectif recherché conditionnent les méthodes utilisables pour faire une prévision:

- les méthodes hydrométéorologiques basées sur les pluies et les conditions initiales prévalant au déclenchement de la crue ;
- les méthodes basées sur la propagation des ondes de crues.

III- COMPARAISON TECHNIQUE ET ECONOMIQUE : CHAMP D'ACTION ET LIMITE D'EMPLOI DES DIVERS TYPES DE PROTECTION

Les moyens de protection contre les crues sont très nombreux, mais l'implantation de tel ou tel type d'ouvrage n'est pas toujours possible, et l'efficacité des solutions envisageables est le plus souvent limitée. Chaque opération est un cas particulier qu'il faut traiter en fonction des conditions locales.

III-1 Classification des divers types de protection contre les crues

Selon leur effet, on peut les classer de la façon suivante :

- a) action sur la formation de la crue : le déboisement des bassins versants est souvent considéré comme une des causes principales aggravant les inondations.
- b) écrêtement des crues par :
 - des barrages dont le rôle est d'emmagasiner le volume de la crue et son laminage ;
 - des petites digues réservoirs constituées à peu de frais sur les petits affluents ;
 - des inondations dirigées vers des zones peu vulnérables ;
- c) limitation du champ d'inondation par des digues ;
- d) action sur l'écoulement des eaux : diminution de la rugosité et des pertes de charges par suppression d'obstacles, dragages.

Ces divers types de protection se différencient par :

- leur champ d'action ;
- leur effet plus ou moins complet sur les diverses crues ;
- leur limite d'emploi ;
- l'étude hydraulique et hydrologique qu'ils nécessitent,
- l'étude économique conduisant au choix et au dimensionnement des ouvrages.

III.2. Champ d'action

La couverture végétale du bassin influence la formation des crues, car elle retient une certaine quantité d'eau de pluie, ralentit le ruissellement et facilite l'infiltration. On a donc intérêt à protéger le couvert végétal, qui présente également l'avantage de réduire considérablement l'érosion.

Contrairement à la végétation qui a une action sur l'ensemble du bassin versant, les endiguements ne sont intéressants que pour les zones qu'ils permettent d'isoler des flots de crues. Ils suppriment en effet des réserves naturelles qui avaient sur la crue une action

d'écèlement et d'étalement sur les sections situées à l'aval. Si la surface protégée est importante, les conséquences de ce phénomène peuvent ne pas être négligeables, puisque le stockage de l'eau le long du cours d'eau est le facteur essentiel de l'aplatissement de l'onde de crue à mesure que celle-ci progresse vers l'aval.

La suppression des obstacles à l'écoulement des eaux de crues a un effet qui s'atténue assez rapidement vers l'amont. En éliminant les pertes de charges singulières, on fait écouler le même débit sous une hauteur d'eau plus faible. On augmente donc la vitesse et par conséquent les pertes de charge dues au frottement de l'eau sur le fond et les berges.

La diminution de la rugosité du lit conduit aussi à une amélioration locale de l'écoulement, mais cette action peut être très importante.

III.3. Importance de l'effet selon les crues

L'expérience montre que l'effet de la végétation est sensible pour les petites crues, mais il devient très faible dès que les précipitations sont importantes, et que surtout si le sol est suffisamment saturé d'eau pour que l'infiltration devient faible. Pour les fortes crues, la couverture végétale retarde tout au plus le déclenchement du phénomène de montée de la crue.

Un endiguement permet de protéger une zone, normalement inondable, contre les crues dont le débit ne dépasse pas une valeur limite au delà de laquelle l'ouvrage est submergé. Il s'agit donc d'une protection partielle. Au contraire, les autres moyens de protection ont un effet variable selon l'importance de la crue.

Ainsi l'écèlement d'une crue par un barrage, dépend non seulement du volume de la retenue et des consignes des manœuvres de l'ouvrage, mais aussi du débit maximum et de la façon dont ce débit s'est formé.

En ce qui concerne la suppression des pertes de charges singulières, le résultat obtenu dépend essentiellement de l'importance de la crue, mais pas de la façon dont ce débit s'est formé.

III.4. Limite d'emploi

L'implantation d'un barrage d'écèlement de crues nécessite la réalisation de plusieurs conditions réunies :

Existence d'une cuvette suffisamment importante pour accumuler le volume d'eau produit par la crue maximale que l'on veut écèlement,

- la zone inondée ne doit pas être urbanisée,
- existence à l'aval de la retenue d'un resserrement permettant la construction de barrage,

- existence d'une bonne assise géologique,
- l'ouvrage doit se situer si possible à proximité des lieux à protéger dont l'importance devra d'ailleurs justifier un tel investissement,
- l'envasement doit être faible sinon la retenue se comble rapidement.

On voit que ces conditions sont rarement réunies simultanément, et que la construction d'un barrage d'écêtement ne peut s'envisager et se justifier que dans des cas très particuliers.

De la même façon, les endiguements doivent évidemment être construits au droit des zones à protéger. Or, celles-ci sont le plus souvent urbanisées, ce qui crée des problèmes d'implantation. La construction d'une digue nécessite, en général, la destruction d'habitations et des expropriations. Mais le plus grave inconvénient qui s'attache à la construction d'endiguements, est certainement le fait que la submersion de tel ouvrages entraîne très fréquemment leur ruine, sauf si des précautions spéciales ont été prises.

En général, l'endiguement est prévu pour une protection contre la plus forte crue connue avec une certaine marge de sécurité. Notons encore que les endiguements nécessitent un entretien sérieux qui s'avère parfois coûteux.

La diminution de la rugosité, par la construction de perré par exemple, est plus facile à réaliser et ne présente que des avantages dans la traversée des agglomérations.

La suppression d'obstacles localisés à l'écoulement des crues est rarement rentable, car le résultat n'est jamais très important et surtout il est très localisé.

Le recalibrage par rescindements de berges et dragage sur toute une section de rivière, conduit souvent à une amélioration sensible, car il diminue considérablement les pertes de charges.

III.5. Etudes hydrauliques et hydrologiques

Les éléments hydrologiques et hydrauliques nécessaires aux études dépendent du caractère plus ou moins local de la protection recherchée.

Dans le cas d'un barrage d'écêtement, il est rare que l'ouvrage soit prévu pour protéger une seule localité. Le problème est de rechercher l'emplacement, le volume de la retenue et les consignes d'exploitation, qui conduiront aux meilleurs résultats pour l'ensemble de la zone à protéger. L'étude sera donc d'autant plus difficile que cette zone est plus étendue à l'aval du barrage, et que les localités importantes sont plus éloignées de ce dernier. Il faut en effet connaître les hydrogrammes de crues au droit de chaque localité et rechercher l'effet du barrage sur le niveau de l'eau en tous points du bassin.

Lorsqu'il s'agit d'un endiguement, qui le plus souvent est localisé, il suffit en général de connaître la durée de retour des hauteurs d'eau. L'endiguement sera défini en fonction de la durée de retour et la seule étude hydraulique sera de déterminer l'influence sur le niveau des eaux induite par la présence de l'ouvrage.

Le problème de la présence d'obstacles situés sur le lit mineur ou à proximité, nécessite essentiellement un repérage précis des hauteurs d'eau atteintes par les crues immédiatement à l'aval et à l'amont de l'obstacle considéré. Ce n'est que dans ces conditions que l'on pourra espérer apprécier valablement les conséquences de telle ou telle opération. Les méthodes de calcul des lignes d'eau permettent de dégrossir le problème et de choisir les solutions possibles. Sauf dans des cas assez simples, ces études sont alors étudiées sur modèle réduit.

III.6. Etude économique et dimensionnement des ouvrages

L'étude économique consiste à comparer le coût de l'opération de protection à la diminution des dégâts qu'on espère atteindre à la suite de la réalisation de cette protection.

Il s'agit d'abord de calculer les dégâts annuels moyens. Pour cela, on doit dresser la courbe donnant les dégâts D en fonction du débit Q_{max} (et éventuellement d'autres paramètres tel que la durée de submersion). Le calcul des dégâts annuels moyens doit être exécuté pour chaque localité, la somme est ensuite faite sur l'ensemble de la zone à protéger.

Grâce à l'étude hydraulique et hydrologique, on pourra apprécier l'effet de protection de l'opération envisagée. Lorsqu'on hésite entre plusieurs solutions on peut choisir :

- celle dont le taux de rentabilité est le plus grand, ce qui revient à dire que l'on recherche le bénéfice maximal avec le minimum d'investissement ;
- soit la solution qui conduit au bénéfice maximal.

L'étude économique de travaux de protection contre les crues ne peut être que grossièrement approchée (suite aux différentes erreurs commises dans les différentes études et sur les calculs des dégâts); toutefois elle permet de comparer les différentes solutions possibles.

IV. DISPOSITIONS REGLEMENTAIRES CONCERNANT LES INONDATIONS

Une des dispositions non structurale est la réglementation concernant l'occupation d'une plaine inondable et la mise en place de règlements d'assurances contre les crues, afin d'atténuer les effets des dommages qu'elles peuvent causer.

Ces dispositions se traduisent en général par des études de délimitation des zones inondables et l'évacuation des biens et des personnes et/ou mettent en place un système d'assurance contre les crues. Elles permettent également l'instauration des systèmes de prévision des crues et des plans d'alerte aux crues aux autorités.

IV.1. Etablissement de plans d'exposition aux risques d'inondation et d'un plan d'alerte aux autorités.

L'établissement et la révision des plans d'exposition aux risques encourus par les inondations par les populations et les biens situés en aval, ainsi que les plans d'alerte y afférents, sont prescrits par la loi portant Code des Eaux.

La prescription de l'établissement d'un plan d'exposition aux risques encourus et d'alerte détermine le périmètre mis à l'étude et la nature des risques qui sont pris en compte; elle désigne le service extérieur de l'Etat qui sera chargé d'instruire le projet.

a) Le plan d'exposition aux risques comprend :

- un rapport de présentation ;
- un ou plusieurs documents graphiques ;
- un règlement.

Le rapport de présentation :

- 1° énonce les caractéristiques des risques étudiés et en précise la localisation sur chaque partie de la zone concernée ;
- 2° justifie les prescriptions du ou des documents graphiques et du règlement compte tenu de l'importance des risques contre les personnes et les biens en cas d'une inondation ou rupture brusque d'un barrage de retenue.

Le ou les documents graphiques délimitant à l'intérieur du périmètre mis à l'étude :

- 1° une zone « rouge » estimée très exposée, où les risques sont particulièrement redoutables ;
- 2° une zone « orange » exposée à des risques moindres ;
- 3° une zone « *bleue* » sans risques prévisibles.

Le ou les documents graphiques doivent faire apparaître la délimitation des superficies susceptibles d'être inondées par les eaux de crues ou en cas de rupture brusque d'un barrage de retenue, et les tableaux des durées et des côtes maximales des inondations sur les

territoires correspondantes, de manière à pouvoir établir le plan d'alerte et d'évacuation des populations.

Le règlement :

Il doit prescrire les mesures de surveillance et d'alerte destinées aux autorités concernées pour faciliter la protection des personnes et des biens.

Le plan d'alerte :

Il doit être dressé par les autorités concernées avec le concours des services de la Protection Civile et des unités de la Gendarmerie Nationale. Il définit, notamment les différentes circonstances susceptibles de déclencher l'alerte, l'autorité concernée qu'il y a lieu de prévenir, la personne expressément chargée de donner l'alerte, les dispositifs techniques de détection et de surveillance et les moyens matériels de transmission de l'alerte.

Le règlement doit prévoir en cas d'alerte :

- 1° une mise en état de vigilance ;
- 2° une pré alerte ;
- 3° une alerte ;
- 4° l'information sur l'évolution de la dangerosité de la situation ;
- 5° La liste des communes dont le président d'APC doit être alerté ;
- 6° le déclenchement et fin de pré alerte et d'alerte ;
- 7° les modalités de transmission.

CONCLUSION

En conclusion, le problème de protection contre les inondations ne possède pas de solution unique, car ce sont les conditions locales qui commandent. On peut dire qu'il y a autant de problèmes différents à résoudre que de zones inondables.

De plus, la réalisation de telle ou telle protection nécessite la réunion d'un certain nombre de conditions qui la plupart du temps limite les possibilités et les résultats. Il faut donc rechercher toujours le type de protection le mieux adapté à la zone à protéger en prenant les marges de sécurité suffisantes, car les méthodes d'études ne sont pas toujours précises.

Dans le domaine de la protection contre les inondations, il ne faut pas attacher également une valeur formelle aux études économiques qu'elles n'ont pas. Les résultats auxquels elles conduisent doivent être beaucoup plus considérés comme étant des estimations grossières, mais qui permettent de juger si les opérations envisagées ne sont pas déraisonnables sur le plan économique et surtout de comparer les solutions entre elles.

L'ACCORD DU CONSEIL DE L'EUROPE EUR-OPA RISQUES MAJEURS AU SERVICE DE LA COOPERATION EURO- MEDITERRANEENNE POUR LA PREVENTION DES RISQUES

MASSUE Jean-Pierre *

*Membre de l'Académie Européenne des Sciences et des Arts

1. RISQUES ET SOCIETES

Le début du XXIème siècle est caractérisé par un changement profond des lignes de force qui génèrent le risque et l'occurrence de situations d'urgence, on peut citer :

Les nouvelles menaces :

- le terrorisme conventionnel,
- le bio terrorisme, le terrorisme nucléaire en particulier celui lié à des pollutions volontaires par de substances radioactives, le cyberterrorisme,
- L'instrumentalisation de la violence, l'apparition de nouvelles drogues dures,
- la tendance accentuée d'un changement climatique global,
- le changement climatique conduisant à un réchauffement de la planète lié à l'effet de serre, conséquence de la modification de la couche d'ozone, engendre une augmentation et une sévérité plus grande des inondations, des canicules et sécheresses, des tempêtes et cyclones etc. ...
- Le développement des sociétés de l'information et de la communication
- Le développement des nouvelles technologies de l'information et de la communication conduisent à une plus grande facilité de mobilisation, et permettent de toucher rapidement une plus grande audience.
- L'incidence positive vient du fait qu'il est donc possible techniquement d'informer, en cas de crise, un grand nombre de personnes sur les comportements à adopter.

Mais d'un autre côté, à partir d'une distorsion possible de l'information transmise par recherche de « sensationnalisme », ou dans une optique volontaire de déstabilisation, ou par ignorance, ou dans le cas d'une « non information » on favorise de mauvaises interprétations de la situation qui peuvent engendrer des mouvements d'angoisse et même de panique de la part des populations.

L'importance des effets «domino» dans les catastrophes, Les interrelations et interdépendances qui existent dans nos sociétés entre les infrastructures vitales font qu'une perturbation sur un maillon de ces réseaux aura une incidence sur un autre maillon et ainsi de suite. Par exemple les risques naturels peuvent générer des risques technologiques qui à leur tour peuvent être à l'origine de risques sociaux etc....

L'augmentation du coût des dommages, cet accroissement ayant par exemple une incidence sur les budgets prévisionnels de l'Etat en terme d'indemnisation et sur le coût des contrats d'assurance et de re-assurance qui va se répercuter sur les difficultés de l'Etat pour renforcer les budgets au service d'une politique de prévention.

L'apparition de nouveaux syndromes et la recherche de leur étiologie, dans ce contexte on peut mentionner à titre d'exemple le SRAS, le SIDA et le développement du risque zoonotique : la grippe aviaire, la maladie de la «vache folle»

Ces nouvelles données et tendances conduisent à adopter le concept de « gestion global des risques » basée sur trois principes fondamentaux :

- **I. la prise en compte de tous les types de risques.**
- **II .L'association et la participation dans la gestion des risques** et des situations d'urgence de tous les « impliqués » : administrations du niveau local, régional, national, européen, euro méditerranéen et international, secteur privé, associations de volontaires, les citoyens, les groupes à besoins spécifiques.
- **III. La vision de cycle de vie des désastres** qui a pour conséquences que dans la gestion des risques et des situations d'urgence on doit prendre en compte les différentes phases :
 - recherche et connaissance des risques
 - prévention
 - préparation
 - Intervention
 - Analyse post crise, et réhabilitation.

2. LA GESTION DES RISQUES ET DES SITUATIONS D'URGENCE

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

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

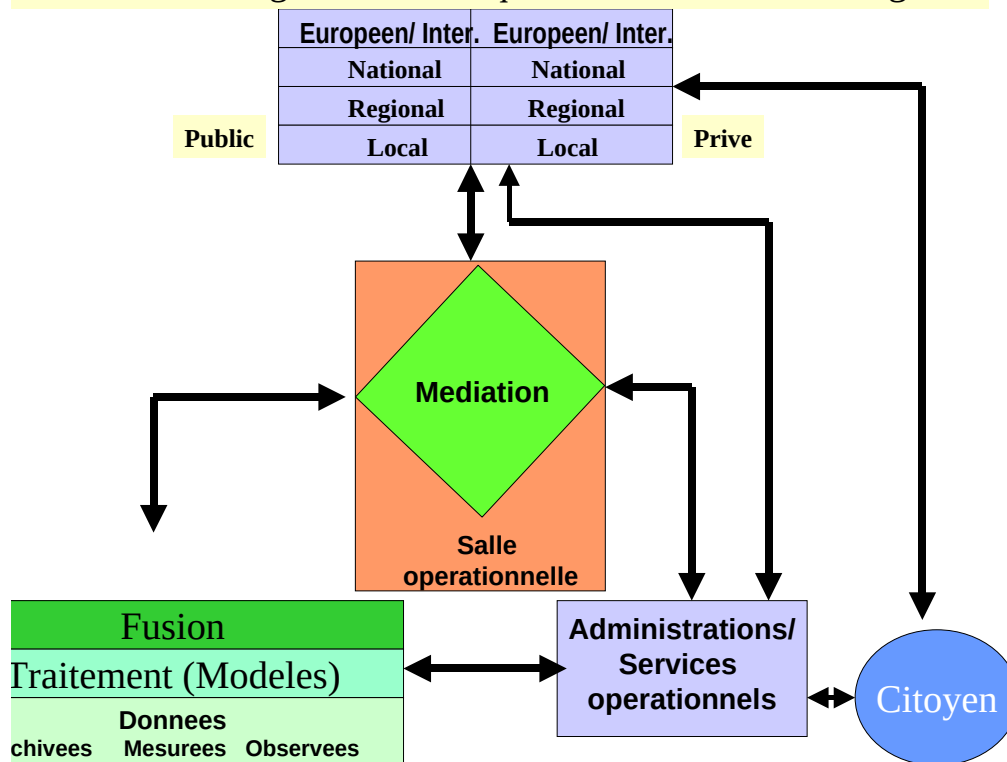
1. 1 La gestion du risque : La gestion du risque repose sur trois grands axes :

- l'estimation du risque : L'estimation du risque se base sur les connaissances scientifiques, l'état de la recherche pour caractériser la nature et la magnitude du risque.
- l'évaluation du risque : L'évaluation du risque qui prend en compte les facteurs économiques, politiques, sociaux et légaux pour réduire le risque.
- le contrôle : Le contrôle basé sur le choix d'une série d'actions pour réduire le risque à un niveau tolérable ou acceptable. C'est là où la réduction de la vulnérabilité joue un rôle primordial.
- Dans la phase de gestion du risque, l'ensemble des mesures relatives à l'estimation, l'évaluation et le contrôle du risque repose sur :
 - ❖ les connaissances scientifiques et techniques sur les risques
 - ❖ les mécanismes d'aide à la décision appropriés
 - ❖ la définition et mise en œuvre de mesures techniques adéquates de prévention et de réduction de la vulnérabilité
 - ❖ l'importance des processus d'information et d'éducation.

3. L'AIDE A LA DECISION EN MATIERE DE GESTION DES RISQUES

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

ide a la decision:gestion des risques et des situations d'urgence



4

I- IDENTIFICATION DE DOMAINES OU DES EFFORTS DOIVENT ETRE FOURNIS POUR OPTIMISER LA GESTION DES RISQUES

La participation des «impliqués» dans la gestion des risques, nous avons vu que le concept nouveau de gestion globale des risques demande qu'à tous les niveaux de la gestion se retrouvent les «impliqués», c'est-à-dire :

- les décideurs
- les personnes concernées par les décisions
- les acteurs de la Protection Civile, de la Santé, de la Police
- les Administrations
- les représentants du secteur privé
- les ONG et Associations d'intérêts publics, la société civile en général
- les représentants des médias
- les volontaires
- les citoyens.

La participation des «impliqués» dans la gestion des risques, une place particulière doit être réservée :

- aux femmes qui représentent bien souvent plus de la moitié de la population concernée et qui bien souvent ne sont pas suffisamment impliquées, cette constatation va dans le sens des efforts entrepris en application du Principe d'égalité des sexes
- aux enfants
- aux groupes à besoins spécifiques.

II. LA REDUCTION DE LA VULNERABILITE

La vulnérabilité indique le niveau d'effets prévisibles d'une menace sur un élément en situation de risques. Les principales causes de la vulnérabilité d'une société peuvent être présentées comme suit :

- 1. Les données de base : la pauvreté, les idéologies, l'âge, le sexe, les maladies, la situation économique et politique, les incivilités.
- 2. Le manque de pression dynamique : le mauvais fonctionnement des institutions, le manque d'éducation, la mauvaise information.
- 3. Les caractéristiques : L'urbanisation, la dégradation de l'environnement, l'augmentation rapide de la population.
- 4. Les instabilités : les bâtiments instables, les habitats précaires.

La réduction de la vulnérabilité

On peut ainsi distinguer deux sortes de vulnérabilités :

- A. la vulnérabilité interne qui correspond à une sensation d'insécurité, de ne pas pouvoir anticiper les bonnes réactions,
- B. la vulnérabilité externe qui correspond à une exposition physique aux aléas

La réduction de la vulnérabilité est une priorité car on s'aperçoit que ce n'est pas tant le nombre de catastrophes qui sont à l'origine du nombre grandissant de victimes et de dégâts mais bien la vulnérabilité croissante de nos sociétés.

L'éducation, la formation et l'information sont les principaux remèdes au service de la diminution de la vulnérabilité interne. Une politique cohérente d'aménagement du territoire, une amélioration de la résistance des bâtiments et des ouvrages d'art contribue de façon efficace à une diminution de la vulnérabilité externe.

L'Accord du Conseil de l'Europe EUR-OPA Risques Majeurs

L'objectif prioritaire de l'Accord EUR-OPA Risques Majeurs est défini dans la Résolution 87(2) : resserrer et dynamiser la coopération entre les Etats membres de l'Accord EUR-OPA Risques majeurs d'un point de vue pluridisciplinaire afin d'assurer une meilleure prévention, protection et organisation des secours en cas de catastrophes naturelles et technologique majeures en faisant appel à toutes les ressources et connaissances actuelles pour assurer une gestion efficace et solidaire des risques majeurs.

Un des points forts de cet Accord est d'avoir cherché à assurer l'intérêt et la participation directe des Etats membres, en favorisant la création de Centres Euro Méditerranéens spécialisés. Ces structures facilitent la contribution concrète aux objectifs communs des différents partenaires à partir de la mise en œuvre de programmes européens et euro méditerranéens d'information, de formation, de recherche et d'expertise.

Les grandes orientations politiques de l'Accord EUROPA Risques Majeurs.

Les grandes orientations politiques de l'Accord ont été définies à l'occasion de la tenue des sessions ministérielles de l'Accord. Lors de la cinquième session ministérielle de l'Accord tenue à Moscou, 1-2 octobre 1993, les Ministres ont décidé :

- « d'utiliser l'Accord du Conseil de l'Europe EUR-OPA Risques Majeurs comme plate-forme pour une coopération entre les pays d'Europe Centrale et Orientale, les pays du Sud de la Méditerranée et les pays d'Europe de l'ouest, dans le domaine des risques naturels et technologiques majeurs.
- Que la coopération entre les Etats membres de l'Accord du Conseil de l'Europe EUR-OPA Risques Majeurs couvre des activités de recherches scientifiques et la formation de spécialistes dans le domaine des sciences du risque conduit par les *Centres* Européens de l'Accord et les établissements de formation, ainsi que les interactions pratiques dans le cas d'urgence utilisant les nouvelles technologies et les résultats des processus de conversion militaire».

C'est à Athènes que les Ministres ont adopté la Déclaration sur la «Culture du risque » dans laquelle ils considéraient que :

- L'établissement d'une véritable « culture du risque » dans nos sociétés est la condition sine qua non pour mettre en place une politique efficace de prévention contre les risques et la gestion des risques en général.

Les « piliers » fondamentaux de cette « culture du risque » sont constitués par les processus d'information et d'éducation.

Lors de la neuvième session des Ministres tenue dans l'Île de Bandor, Bandol en France, les 3 et 4 octobre 2002, les Ministres ont accordé une grande priorité à la recherche de synergie entre les initiatives engagées à partir des organisations internationales et Institutions européennes. Les Ministres ont souligné l'importance de la politique de prévention des risques engagée à partir de la Stratégie Internationale Pour la Prévention des Catastrophes, SIPC/ISDR. En considérant que :

- «Les sociétés sont de plus en plus vulnérables aux risques naturels, technologiques et environnementaux dont les effets sont encore plus accentués par les conséquences des changements démographiques, économiques et sociaux y compris l'urbanisation et les processus de développement comme le Sommet Mondial sur le Développement Durable vient de le reconnaître ».

Lors de la dixième session des Ministres tenue à Valdragone en République de Saint-marin le 12 décembre 2003 les Ministres se sont félicités du contenu de la « Déclaration de Madrid » adoptée à l'occasion du Forum Euro Méditerranéen sur la prévention des catastrophes organisé en coopération entre le Secrétariat de la Stratégie Internationale pour la Prévention des Catastrophes (SIPC/ISDR) et le Secrétariat Exécutif de l'Accord, dans laquelle il est souligné que :

- «La prévention des catastrophes est une composante centrale du développement durable et la gestion intégrée des risques est une responsabilité primordiale des Gouvernements. Cette gestion des risques doit reposer sur une approche holistique de la prévention et de la réduction des risques combinant les connaissances scientifiques, l'évaluation de la vulnérabilité et le savoir faire des responsables de gestion des catastrophes».

Ils ont demandé que soient :

- renforcée dans les Etats membres l'approche interministérielle dans la mise en œuvre d'une politique de prévention des risques
- généralisés les programmes de sensibilisation des enfants à la prévention des risques en introduisant des enseignements obligatoires au niveau scolaire d'éducation citoyenne intégrant les principes relatifs à l'éducation civique,aux droits de l'homme, à la solidarité,au développement durable, à la prévention des risques
- développés les programmes de mise en sûreté des Etablissements scolaires

- favorisée la création dans les Etats membres d'Observatoires pour la sécurité des établissements scolaires et universitaires
- renforcé le réseau d'Universités participant aux programmes Masters « Sciences du Risques » et conduisant au Doctorat euro méditerranéen en Sciences du risques

LES CONTRIBUTIONS SPECIFIQUES DE L'ACCORD A LA PREVENTION DES RISQUES DANS LA REGION EURO-MEDITERRANEENNE.

Sur le plan politique : à partir des priorités définies par les différentes Session ministérielles de l'Accord et le travail du Comité des Correspondants Permanents. Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent on peut synthétiser les priorités définies par les ministres à partir de trois grandes lignes :

1. contribution de l'Accord à une politique prioritaire de prévention des risques en favorisant le développement d'une culture de la prévention du risque et d'aide à la décision en phase avec les priorités d'une politique de développement durable,
2. recherche dans toutes initiatives engagées de synergie avec les activités engagées tant sur les plans nationaux qu'avec celles mises en œuvre au sein des institutions internationales (ISDR, UNESCO, OCHA, OMS, etc..) et européennes, en particulier la Commission Européenne et l'Agence Spatiale Européenne .
3. Conduire une réflexion et engager des actions pilotes dans différents pays euro Méditerranéen pour favoriser la participation des « impliqués » dans la gestion des risques et en particulier des femmes, des enfants et des groupes à besoins spécifiques.
4. articulation des orientations politiques de l'Accord avec les politiques générales et sectorielles du Conseil de l'Europe, par exemple en matière d'aménagement du territoire, d'éducation et de culture, de protection des Droits de l'homme, sur le plan juridique.

Sur le plan technique :

À partir d'activités relatives à :

- la recherche et le développement
- l'éducation, la formation et l'information
- les activités à caractère pré opérationnelles
- la mise en oeuvre d'initiatives au service de l'expression d'une solidarité pour des populations touchées par une catastrophe.

Quelques exemples d'activités marquantes réalisées dans le cadre de l'Accord

Dans le domaine de la recherche et du développement, analyse comparative des législations en matière de gestion des risques. Ce travail a été coordonné par le Centre Européen de Florival en Belgique : Institut Supérieur de Planification d'urgence, (Mme K. Van Heuverswyn.), en étroite liaison avec le Centre européen de Kiev et Bulgarie. Il a fait l'objet de plusieurs publications dont le document AP/CAT (2003) 39 du 20 novembre 2003. Parmi les résultats les plus marquants ont été souligné :

- le manque de coordination interministérielle existant dans pratiquement tous les Etats membres en matière de gestion des risques et des situations d'urgence
- l'intérêt qu'il y aurait dans les Etats membres à développer les systèmes de contrôle, d'inspection de l'application des réglementations
- l'importance de poursuivre ce type d'analyse comparative des législations dans des domaines spécifiques de la gestion des risques présentant un caractère prioritaire
- le rôle qu'un tel travail peut représenter au service des gouvernements engageant des réformes en matière de gestion des risques : prévention, crise, réhabilitation.

❖ Programme de recherche sur l'éthique et la médecine des catastrophes :

Ce programme a consisté à définir deux cent situations à problèmes pour le médecin dans des situations d'urgence et à les analyser à partir des trois référentiels :

- Juridique international
- Éthique
- Morales : protestante, catholique, musulmane, juive, bouddhiste et agnostique.

Le résultat de ce programme a été publié par les Editions du Conseil de l'Europe, il est utilisé dans les enseignements universitaires de Médecine des Catastrophes et vient de recevoir le prix « Prescrire 2004 ».[1] Ethique et Médecine des Catastrophes. Edition du Conseil de l'Europe, Strasbourg, 2002

La participation au projet de mise en place d'un système de monitoring de la radioactivité environnementale dans la zone d'exclusion de Tchernobyl et de proposition de reconnaître à cette zone d'exclusion le statut de grand « équipement scientifique européen » à la disposition des laboratoires universitaires européens. Ces initiatives sont coordonnées par le Centre Européen à Kiev TESEC.

❖ Le programme STRIM (Space Technologies for Risk Management)

Ce programme réalisé en étroite coopération avec l'Agence Spatiale Européenne a permis de démontrer l'intérêt de l'utilisation des technologies spatiales au service de la gestion des risques et des situations d'urgence en terme de contribution importante au service des fonctions :

- de télécommunication,
- d'observation spatiale de la terre (télédétection),
- de positionnement.

❖ **Le programme EDRIM (Electronic Discussion Group for Risk management)**

Réalisé en étroite coopération avec la Commission Européenne DG Société de l'Information (projet RIMS : Risk Management Services) et l'Agence Spatiale Européenne, ce programme partait de la constatation que lors des la survenue de crises les systèmes de télécommunications reliant les décideurs avec les pourvoyeurs d'information et les services opérationnels étaient inopérant soient détruits, soient saturés

Quatre simulations ont été réalisées :

- A Draguignan en France : simulation d'un accident de transport de produits toxique,
- Sur la frontière entre l'Espagne et la Portugal pour simuler la gestion d'un feu de forêt
- Gestion d'une inondation dans le Bassin de la Meuse
- Gestion d'un tremblement de terre en Grèce.

Ces quatre simulations ont fait l'objet d'un enregistrement sur 4 cassettes vidéo.

❖ **Programme d'aide à la décision dans la gestion des risques et des situations d'urgence**

Les initiatives développées dans le cadre de l'Accord visent à contribuer à mettre en œuvre le schéma logique de l'aide à la décision en gestion de risques et de crises au niveau des données, de leur traitement et de leur fusion, pour cela en coopération avec la Commission Européenne DG Recherche Coopération Internationale a été mis en œuvre un programme de mobilisation de la communauté scientifique. Ce programme s'est matérialisé par l'organisation d'une série de Séminaires spécialisés dont la synthèse a été présentée lors de la Rencontre du 12 au 14 décembre 2001 à Montpellier.

Les conclusions ont fait l'objet d'un ouvrage publié par le Conseil de l'Europe, dans ce contexte l'existence dans le cadre de l'Accord du Système d'Alerte Européen (SAE) permet d'informer en temps réel l'ensemble des Etats membres et intéressés de l'occurrence d'un tremblement de terre en donnant les coordonnées de l'épicentre, sa profondeur et la magnitude du séisme sur l'échelle de Richter

❖ **Le colloque de Tours des 8 et 9 juin 2004** : ce colloque organisé sur le thème des enjeux stratégiques de maîtrise des systèmes de communication et de traitement de l'information en temps réel, a été l'occasion de faire le point sur différents modèles et bases de données utilisés dans l'optique de l'aide à la décision. Parmi les modèles pouvant être utilisés dans une optique d'aide à la décision dans la gestion des risques et des situations d'urgence on peut citer : EXTREMUM - MANTIS- MEVA-EFIS -EFAS

❖ **Dans le domaine de l'éducation, la formation et l'information**

L'Accord EUR-OPA Risques Majeurs a toujours apporté une priorité absolue aux initiatives visant à développer les programmes d'éducation, de formation et d'information qui représente la « pierre angulaire » de la culture du risque, fondement « intelligenti pauca », d'une politique éclairée de prévention des risques.

Les initiatives engagées se situent à quatre niveaux :

- scolaire,
- universitaire,
- formation professionnelle,
- information.

Niveau scolaire

Deux niveaux d'activités ont été privilégiés :

- la sensibilisation des enfants d'âge scolaire à la prévention des risques,
- la mise en sûreté des établissements scolaires.

La priorité apportée aux activités concernant la prévention des risques pour les enfants repose sur les constations suivantes :

- Les enfants représentent la société de demain. Les enfants plus curieux et moins conditionnés que les adultes sont plus réceptifs aux messages de prévention des risques. Les enfants sont les meilleurs «transmetteurs» d'informations auprès de leur famille et contribuent ainsi à diffuser les messages de prévention des risques. D'un autre coté, les enfants sont les cibles les plus vulnérables devant les risques. En un mot les enfants sont les meilleurs vecteurs pour l'établissement d'une culture du risque.

Niveau Universitaire

Au niveau universitaire l'Accord dans le cadre du programme FORM-OSE avait engagé une étude de marché en 1993 pour analyser les besoins en terme d'emploi de nos sociétés par rapport aux gestionnaires des risques dans le secteur des entreprises et du secteur public. Cette étude avait démontré l'intérêt de former au niveau universitaire des professionnels susceptibles :

- de pouvoir évaluer les incidences techniques, économiques, sociales, psychologiques, culturelles et juridiques de l'occurrence d'une crise, d'analyser et quantifier les incidences de situations d'urgence sur les personnes, les biens, l'environnement ;
- de préparer et présenter des solutions adaptées aux situations dans une optique de développement durable.

Le niveau choisi a été celui du Master européen ou euro méditerranéen et de sa continuité à partir de la soutenance de thèse de Doctorat Européen.

Au niveau universitaire l'Accord dans le cadre du programme FORM-OSE avait engagé une étude de marché en 1993 pour analyser les besoins en terme d'emploi de nos sociétés par rapport aux gestionnaires des risques dans le secteur des entreprises et du secteur public. Cette étude avait démontré l'intérêt de former au niveau universitaire des professionnels susceptibles :

- de pouvoir évaluer les incidences techniques, économiques, sociales, psychologiques, culturelles et juridiques de l'occurrence d'une crise, d'analyser et quantifier les incidences de situations d'urgence sur les personnes, les biens, l'environnement ;
- de préparer et présenter des solutions adaptées aux situations dans une optique de développement durable.
- Le niveau choisi a été celui du Master européen ou euro méditerranéen et de sa continuité à partir de la soutenance de thèse de Doctorat Européen.
- Toute une série d'autres Masters sont en préparation pour être engagés dans l'année 2004-2005 :
- Vulnérabilité sismique des bâtiments à Skopje
- Aspects juridiques de la gestion des risques auprès de l'Université de Gand (Belgique en préparation)
- Collectivité locales et gestion des risques à l'Ecole d'Ingénieurs de Cergy : EISTI (Ecole Internationale des Sciences du traitement de l'Information), en France
- Médecine des situations d'urgences collectives à Alger, Algérie.

Niveau professionnel

Les Inspecteurs de la Sécurité Environnementale. L'exemple le plus intéressant est celui engagé à l'initiative du Ministère de l'Aménagement du territoire, de l'Eau et de l'Environnement du Royaume du Maroc. En effet à la demande de Monsieur le Ministre marocain de l'Aménagement du Territoire, de l'eau et de l'Environnement, Monsieur Mohammed El Yazghi, a été mis en place la session de formation de la première promotion marocaine d'Inspecteurs de l'environnement du 6 au 28 juillet 2004. Cette initiative a été coordonnée par l'auteur en coopération avec le Département de l'Environnement du Ministère marocain de l'Aménagement, de l'eau, et de l'Environnement : M.Ahmed Bouhaouli, Secrétaire Général et Mme Rajae Chafil, Directeur de la Surveillance et de la Gestion des Risques et mise en œuvre grâce au soutien et la coopération de l'INESC (Institut national d'Etudes de la Sécurité Civile) en France: le Colonel Gilles Bazir et du Centre européen REMIFOR qui a en particulier réalisé tout le programme de télé-enseignement interactif par satellite (e-learning) entre Draguignan et Rabat.

Les activités de solidarité

- On peut mentionner trois activités représentatives :
 1. Au Kosovo en 2000
 2. En République Démocratique du Congo en 2003
 3. Au Maroc suite au tremblement de terre d'Al Hoceima du 24 février 2004

CONCLUSIONS, PROPOSITIONS

L'Accord du Conseil de l'Europe EUR-OPA Risques Majeurs représente sur le plan international une plateforme politique dans la zone euro-méditerranéenne au service d'une coopération dans le domaine de la gestion des risques et des situations d'urgence.

Les Ministres de l'Accord ont défini des priorités sur lesquelles les initiatives de l'Accord se sont concentrées. Elles correspondent aux priorités de la «Stratégie Internationale pour la Prévention des Risques:ISDR».

C'est pourquoi nous pensons que l'Accord pourrait apporter une contribution significative à cette politique de prévention des risques engagée par les Nations Unies en proposant de mettre en œuvre des activités significatives au service de la zone Euro Méditerranéenne dans l'esprit de la Stratégie Internationale pour la prévention des Risques s'intégrant dans la préparation de la prochaine décennie pour le Développement Durable qui devrait être engagée à partir de 2005.

Dans le cadre d'une étroite synergie avec les institutions européennes, en particulier l'Union Européenne, l'Agence Spatiale Européenne et les Institutions Internationales, en particulier l'UNESCO, l'OMS, OCHA, l'Accord EUR-OPA Risques Majeurs pourrait apporter sa contribution aux objectifs de la Stratégie Internationale de Prévention des Risques sur trois plans

- A. Le développement de programmes d'éducation au service de la prévention des risques :

Au niveau scolaire, en généralisant les programmes engagés en Seine Saint Denis avec la coopération de l'UNESCO et en liaison avec les centres européens de Bulgarie, Chypre et de Ravello (Italie) ;

au niveau universitaire, en établissant un réseau de masters euro méditerranéens sur les sciences du risque déjà engagés à Montpellier en France, à Saint Marin, à Gand en Belgique, à Sofia en Bulgarie, etc.

Au niveau de la formation professionnelle, en poursuivant l'initiative engagée au Maroc relative à la formation de corps d'inspecteurs pour la sécurité environnementale : formation mise en œuvre à Rabat en juillet 2004, utilisant les nouvelles technologies de communication et d'information, qui pourrait être étendue aux pays méditerranéens et de l'Est de l'Europe intéressés.

- B. Poursuite de l'analyse comparative des législations en matière de gestion des risques et en particulier de leur prévention sur la base des résultats déjà obtenus et qui pourrait être étendue à d'autres pays euro méditerranéens et d'autres régions du monde dans le cadre d'une action concertée avec l'ISDR.
- C. Celui de ses recherches concernant les mécanismes d'aide à la décision en matière de gestion des risques et en particulier de leur prévention.

Mise à la disposition de la Stratégie Internationale pour la prévention des risques du réseau des 26 centres euro méditerranéens spécialisés de l'Accord afin de contribuer à la mise en œuvre des conclusions de la Conférence de Kobé au service du renforcement de la prévention des risques.

Conduire une réflexion et engager des actions pilotes dans différents pays euro Méditerranéen pour favoriser la participation des « impliqués » dans la gestion des risques et en particulier des femmes, des enfants et des groupes à besoins spécifiques.

POLITIQUE DE GESTION DES INONDATIONS EN FRANCE L'EXEMPLE DU GARD, APPLICATION AU BASSIN DES GARDONS

LESCURE Michel *

*de la Direction Départementale de l'Équipement du Gard, sur la base d'un audiovisuel préparé avec Michel DESBORDES de l'Université de MONTPELLIER et sur un texte commun sur « les crues méditerranéennes ou les chemins oubliés de l'eau »,
michel.lescure@equipement.gouv.fr

PREAMBULE :

Les inondations sont des manifestations naturelles du cycle terrestre de l'eau. Elles ont façonné les paysages des vallées de nos cours d'eau, du plus humble ruisseau au fleuve majeur. Mythifiées, déifiées, craintes ou attendues, elles ont ainsi jalonné la mémoire des peuples. Nos sociétés modernes et matérialistes les ont, ici ou là, plus ou moins oubliées et elles se manifestent désormais brutalement dans des espaces envahis par les activités humaines. Qu'il s'écoule quelque temps sans qu'elles fassent parler d'elles, et leur souvenir s'estompe jusqu'au jour où elles surprennent de nouveau par l'ampleur de leurs dévastations, aujourd'hui relayées en temps réel par les médias.

Les inondations naturelles sont principalement la conséquence de précipitations abondantes engendrant des écoulements superficiels qui ne peuvent plus être contenus dans les « chemins de l'eau » habituels (**lits mineurs** des cours d'eau) ou par les aménagements artificiels destinés à leur maîtrise (digues, canaux, réseaux pluviaux urbains...). Au regard de nos connaissances actuelles, on ne sait pas déterminer précisément les conditions d'apparition, pas plus que l'importance, dans le temps et dans l'espace, de ces précipitations. Les scientifiques précisent qu'elles ont un **caractère aléatoire**. Elles constituent, comme les écoulements qu'elles provoquent, des « **aléas** », caractéristiques d'un climat donné.

Les dommages résultant d'une inondation dépendent, certes, de son importance mais également des modes d'occupation des sols et des dangers encourus par les habitants des secteurs inondés ou par les individus qui y circulent. L'ampleur de ces dommages traduit « **la vulnérabilité** » des espaces inondés qui expriment l'importance socioéconomique de ces espaces et leur dangerosité, notamment au regard des pertes en vies humaines.

Aujourd'hui, les inondations sont le phénomène naturel le plus dangereux aux conséquences économiques les plus lourdes. Mais les risques d'inondation sont en fait très variables d'une région à l'autre soit en raison de la nature des aléas climatiques, soit de celle de la vulnérabilité des sites exposés à ces risques. En France, 5 à 10% du territoire est concerné par ce type de phénomène, et regroupent 2 à 3 millions de personnes sur près de 7500 communes

La succession d'inondations majeures dans le sud de la France au cours des quinze dernières années a alerté l'opinion et les responsables de l'aménagement du territoire. Face à cette augmentation apparente du nombre des sinistres, d'aucuns avancent parfois le rôle d'éventuels « **changements climatiques** ». En réalité, cette hypothèse avait été déjà formulée au milieu du 19^{ème} siècle, qui a connu de très grandes inondations. Il est plus probable que ce soit l'augmentation de la vulnérabilité qui crée une augmentation apparente du risque, en particulier dans des régions comme celles du sud de la France qui connaissent naturellement des précipitations intenses, relativement fréquentes, mais longtemps mal connues.

Le midi méditerranéen : une région à fort aléa pluvieux longtemps mal connu

La configuration géographique du nord du bassin méditerranéen favorise l'apparition de puissants mouvements d'ascension d'air chaud et humide venant de la méditerranée (**convection**). Ces mouvements provoquent parfois l'alimentation latérale par de l'air maritime (**advection**). Il en résulte des précipitations intenses dont les durées et les cumuls sont souvent beaucoup plus importants que ceux de perturbations se produisant en d'autres régions du territoire national. Ces phénomènes sont parfois localisés comme à Nîmes en octobre 1988, mais ils peuvent parfois concerner des superficies de plusieurs milliers à plusieurs dizaines de milliers de kilomètres carrés. Ces derniers se manifestent principalement à l'automne. Ils ont d'ailleurs reçu des noms particuliers : « **aiguats** » dans les Pyrénées Orientales, « **pluies cévenoles** » dans le sud du Massif Central.

Ainsi, les abats d'eau constatés sur l'arc méditerranéen, sur des durées de 1 heure à plusieurs jours, sont-ils beaucoup plus élevés que ceux constatés sur le reste de la France. Ils sont cependant deux à trois fois plus faibles que les maxima mondiaux observés sur les mêmes durées. Sous de telles intensités, les petits bassins versants naturels ou ruraux, et à

fortiori urbanisés, sont capables de débits très importants qui ont longtemps été rarement pris en compte dans les aménagements, faute d'informations fiables à leur sujet.

On peut donc conclure que la façade méditerranéenne présente un risque pluvial majeur, comme en d'autres régions les risques d'avalanches, de glissement de terrain ou de secousses sismiques. Cependant, ce risque a été longtemps sous-évalué en raison de la relative rareté des informations à son sujet. La mesure des précipitations est en effet assez récente et limite de ce fait la portée des statistiques dans l'évaluation de la « rareté » des phénomènes. La densité des postes d'observation d'une région comme le Languedoc-Roussillon est encore modeste et les maxima observables passent souvent au travers de ces réseaux. On a pu montrer qu'un « objet » pluvieux de 80 kilomètres carrés ne pouvait être observé qu'une fois sur 5 sur la période 1870-1957 et une fois sur deux sur celle allant de 1958 à 1993.

Les pluies intenses du sud de la France ont donc été longtemps ignorées ou abusivement considérées comme « rares » par des aménageurs extérieurs à notre région. Le développement de méthodes modernes d'auscultation des pluies, comme les radars météorologiques, devrait conduire à l'amélioration de leur connaissance et inciter dans le futur à une plus grande prudence dans la définition des aménagements, en particulier en milieu déjà urbanisé ou « urbanisable ».

Une vulnérabilité croissante

Le développement de l'urbanisation est un phénomène assez récent, commencé en France à la fin des années 50. Les taux d'expansion de certaines agglomérations attestent des croissances importantes de leurs surfaces urbanisées en quelques dizaines d'années. Celles-ci ont pu gagner parfois des secteurs naturellement inondables jadis ou provoquent désormais de véritables autos inondations, en raison des ruissellements résultant de l'imperméabilisation des sols. Aujourd'hui, à Marseille, par exemple, 80 000 personnes habitent en zone inondable. Si toutes les villes de France sont peu ou prou concernées par le phénomène, celles du Sud y sont davantage exposées, les précipitations y étant plus abondantes.

L'urbanisation conduit ainsi à l'aggravation du risque d'inondation non seulement en raison de l'accroissement de la vulnérabilité résultant de l'implantation de biens économiques et d'habitations dans des zones naturellement inondables, mais aussi en raison

d'aménagements pouvant faire obstacle aux écoulements et aggraver les conséquences des aléas. Cette situation tire son origine, pour partie, d'une certaine méconnaissance des précipitations dans le sud de la France. Ce risque pluvial oublié concerne tout autant des secteurs plus réduits de villages dans lesquels on a imprudemment construit sur les « chemins de l'eau » de ruisseaux apparemment paisibles, voire généralement à sec, mais qui, l'automne venu, peuvent se transformer en torrents dévastateurs.

Aujourd'hui, les erreurs d'aménagement sont malheureusement légion. Elles résultent de l'oubli du risque pluvial languedocien. Ce risque est d'autant plus dangereux dans nos régions que les personnes nouvellement arrivées ne connaissent du « midi » que des images ensoleillées. La population du Languedoc-Roussillon est ainsi passée de 1,46 millions en 1946 à 2,3 millions aujourd'hui. La mémoire des « anciens » a parfois quitté certains villages et il ne reste plus, trop souvent, à l'automne, que des spectateurs anéantis par la vision de leurs habitations inondées. Rétablir la mémoire du risque pluvial est bien sûr nécessaire, la transmettre aux nouveaux habitants est un acte de civisme élémentaire. Mais cela n'est pas suffisant. Face aux incertitudes sur l'évaluation de la « rareté » des pluies « exceptionnelles », la prudence devrait être de règle dans les opérations d'urbanisme en climat méditerranéen. Un tel « **principe de précaution** » voudrait que l'on étudie la vulnérabilité des aménagements projetés face à des débits possibles, parce qu'ils ont été déjà observés, mais dont on ne peut pas chiffrer la probabilité de survenance avec précision. Dans de nombreux cas, une telle approche conduirait à envisager des implantations dans des secteurs moins exposés. Elle est en outre compatible avec le concept de **développement durable**, dans la mesure où elle préserve l'avenir des générations futures. Elle s'oppose, notamment, à une croissance indéfinie de la vulnérabilité des sites exposés qui conduit à des catastrophes toujours plus lourdes de conséquences. Cette tendance est malheureusement encore très répandue et entraîne des « sécurisations » par de coûteux aménagements dont les défaillances potentielles constituent autant de sinistres majeurs légués à nos descendants dès lors qu'ils auraient oublié, à leur tour, qu'il peut un jour pleuvoir beaucoup plus qu'à l'« accoutumé ».

La politique Française de gestion des inondations

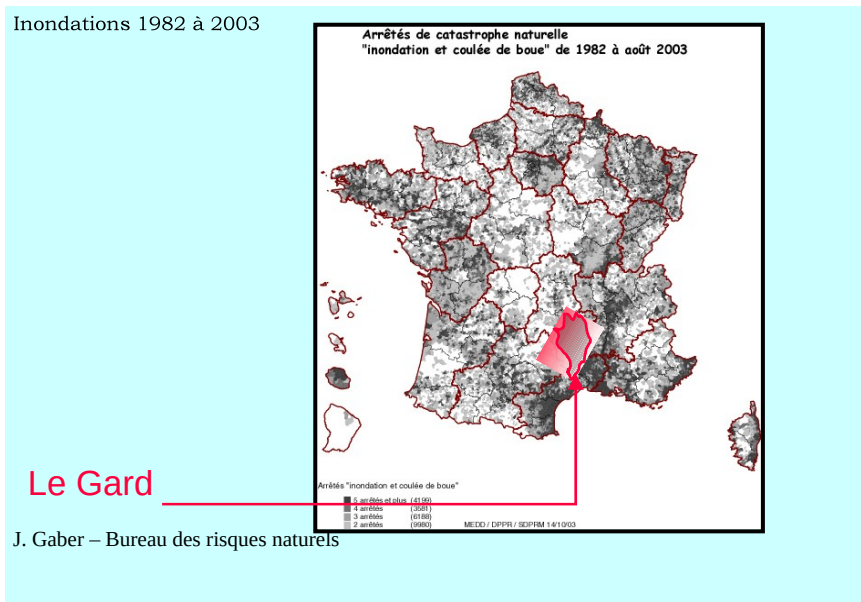
La politique française s'est naturellement construite sur ce sujet de la "gestion des inondations" autour de deux textes fondateurs le Code Civil et le code Rural. Les deux préoccupations de cette période étaient :

- de préserver la ressource en eau en qualité et en quantité
- d'affirmer l'obligation de ne pas intervenir dans la modification du cycle de l'eau.

Avec l'aménagement des rivières et le développement de l'urbanisation, dès 1964 la loi sur l'Eau encadrait sérieusement les travaux en fonction de leur impact sur le milieu naturel. En 1977 sortait un guide technique sur l'assainissement pluvial des agglomérations et à la suite des inondations catastrophiques de la fin des années 1980, début des années 1990 (Le Grand-Bornand, Nîmes, Vaison-la-Romaine, la Camargue, ...), le gouvernement a arrêté une politique ferme en matière de gestion des zones inondables qui a été précisée par la circulaire interministérielle du 24 janvier 1994.

Cette politique marque un tournant en fixant 5 objectifs :

- 1 – interdire les implantations humaines dans les zones les plus dangereuses où, quels que soient les aménagements, la sécurité des personnes et des biens ne peut être garantie intégralement,
- 2 – limiter ces implantations dans les autres zones inondables,
- 3 – contrôler strictement l'extension de l'urbanisation dans les zones d'expansion des crues, c'est-à-dire les secteurs non urbanisés ou peu aménagés où la crue peut stocker un volume d'eau important, réduisant ainsi le débit à l'aval,
- 4 – éviter tout endiguement ou remblaiement nouveau qui ne serait pas justifié par la protection des lieux fortement urbanisés, ces aménagements étant susceptibles d'aggraver les risques en amont et en aval,
- 5 – sauvegarder l'équilibre des milieux dépendant des petites crues et la qualité des paysages liés à la proximité de l'eau.



Après la catastrophe du Gard des 9 et 10 septembre 2002, Madame Roselyne BACHELOT ministre de l'Ecologie et du Développement Durable, en liaison avec son collègue de l'Equipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer a été à l'origine d'une loi du 30 juillet 2003 dite "loi sur la prévention des risques technologiques et naturels".

Au delà de la Loi était mis en place un plan national de prévention des inondations permettant de soutenir une trentaine d'expérimentations initiées par les collectivités locales sur l'ensemble du territoire national.

Comment s'engager dans une nouvelle vision du développement urbain conciliant :

- développement démographique et économique
- réflexions "prudentielles" sur l'aménagement.

Ces nouveaux textes et leurs décrets d'applications présentent 5 "avancées" nettes par rapport aux textes antérieurs :

- l'expérimentation, priorité à l'imagination "toutes les techniques n'ont pas été expérimentées ou développées pour prévenir les inondations",
- réduire la vulnérabilité du territoire :
 - . information préventive
 - . développement de la conscience du risque
 - . déconstruire les ouvrages et les habitations trop exposées,

- passer de l'annonce des crues à la prévision des crues,
- faire participer l'agriculture à la prévention des crues afin de rendre les pratiques agricoles "vertueuses",
- renforcer les Plans de Prévention des Risques en liaison avec les Schémas de Cohérence Territoriaux (PPR et SCOT).

Pour résumer : "repenser autrement le développement de nos territoires soumis aux risques en réduisant notre vulnérabilité".

L'application aux cours d'eau : le GARD, GARDON et GARDONS
(Ces trois noms désignant un même réseau hydrographique)

La comparaison entre les diverses crues " historiques"

L'événement de septembre 2002 a causé la mort de 22 personnes dans le Gard et 1,2 milliards d'euros de dégâts. Les dommages matériels constituent un record (deux fois plus important que les évènements de Nîmes le 3 octobre 1988 ou ceux de l'Aude en 1999).

Les dernières grandes inondations des fleuves et rivières dans le Gard remontaient à 1958, 1933 et 1907 pour le siècle dernier. Dans une vie d'homme, une crue du type 2002, va se reproduire 2 à 3 fois.

Les crues sont des phénomènes naturels, **la crue de 2002 est rare mais pas exceptionnelle**

Il faut donc s'attendre à pire !

Historiquement, depuis l'an 1400, le Gardon a connu au moins cinq crues supérieures à celle de 2002. Dans les gorges du Gardon, où nous avons enregistré des hauteurs de crues de 14 mètres en 2002, ces crues "historiques" ont atteint 17 mètres et trois d'entre elles se sont produites entre 1400 et 1800. En fouillant sur les deux derniers millénaires nous pouvons peut être découvrir des niveaux de crue encore plus élevés !

Ce n'est pas la première fois que nous réparons le pont Saint-Nicolas-de-Campagnac suite à une crue. Pour fixer un ordre de grandeur concernant les débits : - à Remoulins, le

Gardon a atteint 6800 m³/s en 2002, il aurait atteint 8000 m³/s en 1403, mettant en charge le Pont du Gard. C'est une recherche en cours – nous savons déjà que cette crue phénoménale de 1403 a provoqué la destruction du village de Massillan., situé entre St Chaptes, St Génies de Malgoires et La Calmette à la confluence du Lorient et de L'Esquille dans le lit majeur du Gardon.

Pour revenir à notre siècle, chaque fois qu'il y a des crues généralisées dans le Gard, c'est le bassin versant du Gardon qui est le plus touché en dégâts matériels et qui compte le plus de décès.

- En 1958, sur les 35 décès constatés au total, le Gardon a fait à lui seul 27 victimes (4 par noyade, 18 morts dans leurs voitures, 8 emportés avec leurs maisons, 1 mort dans l'incendie d'une station-service et 1 gardien de la paix, victime de son devoir).
- En 2002, sur le bassin versant du Gardon, il y a eu 16 victimes sur les 22 victimes gardoises.

Le Gardon est donc bien la plus dangereuse de nos rivières cévenoles.

La population gadoise est passée de 420 000 en 1958 pour atteindre en 2002 650 000 habitants. La population permanente, vivant en zone inondable, a plus que doublé dans la même période.

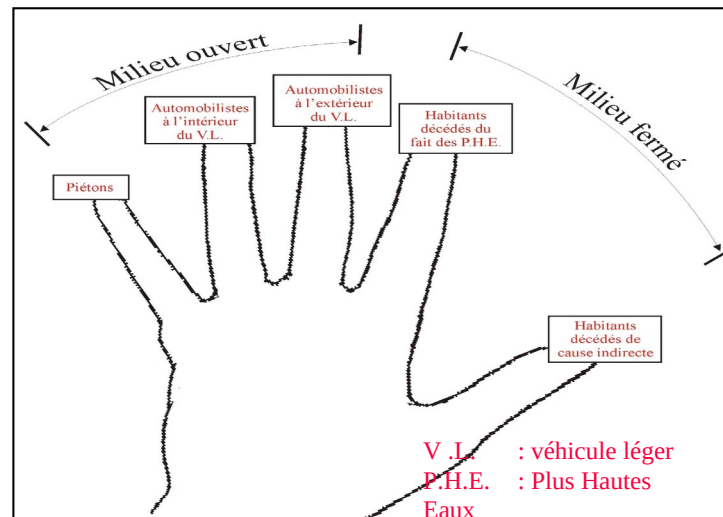
20 % de la population totale (soit 130 000 habitants) y est installée aujourd'hui et 1200 personnes y sont en très grand danger.

Notons au passage qu'en 1958 sur 27 décès dans la Gardonenne 18 étaient dans la trentaine de véhicules emportés sur la RN106. Nous n'avons pas eu à déplorer un aussi grand nombre de victimes sur les routes inondées gardoises en 2002, alors même que nous avons aujourd'hui, avec le développement exponentiel de l'automobile, une probabilité 13 fois plus forte de rencontrer un usager d'un véhicule immatriculé (conducteur ou passager) qu'en 1958.

Nous n'avons pas eu de victime dans les 400 véhicules pris dans les inondations de la RN106 en septembre 2002 - c'est une chance inouïe.

Explications de la règle des "cinq doigts"

LA REGLE DES « CINQ DOIGTS »



En analysant l'impact humain (nombre de décès) depuis le 20^e siècle dans l'arc latin de Barcelone à Gènes, et en regroupant les résultats nous nous sommes aperçus que les morts pouvaient être répartis à part égale, en cinq catégories (1 doigt représentant une de ces cinq catégories d'où le nom de la règle mnémotechnique dite des "cinq doigts").

- piétons,
- automobilistes morts au volant de leurs véhicules,
- automobilistes décédés après avoir quitté leurs véhicules,
- Particuliers décédés à l'intérieur de construction (habitations, écoles, usines...)
- Particuliers décédés de causes non directement liées à l'inondation.

Ces trois premières catégories représentent chacune 20 % soit 60 % du total des décès. Il s'agit donc de décès constatés en milieu "ouvert" très souvent sur des espaces publics.

Les deux autres catégories (40 %) sont des décès constatés à l'intérieur des constructions (maisons, écoles, usines, constructions publiques, ...) donc en milieu "fermé".

Visualisation des crues de 1958 et 2002 dans la Gardonnenque (**plaine du Gardon**), passage de la « culture » à la « conscience du risque » :

Pour la future RN106, la DDE du Gard, afin d'étudier les impacts de cette nouvelle autoroute traversant la plaine inondable du Gardon entre Boucoiran et la Calmette, a mis en œuvre **un modèle mathématique bidimensionnel des écoulements de crue du Gardon principal et de ses affluents (TELEMAC-2D** - logiciel développé par le **LNHE** avec comme opérateur **SOGREAH**).

La visualisation des crues de 1958 et de 2002 a été présentée par Michel LESCURE, en projection dynamique dans l'amphithéâtre de l'université de Batna. Que constate-t-on ?

Tout d'abord l'extrême complexité du fonctionnement en crue de cet hydrosystème (lit en tresses dans une vallée « in sédimentée » avec des affluents dont les débits peuvent représenter 50 % du débit principal). Chacune de ces crues possède des caractéristiques particulières, les différences dans la répartition des pluies tombées leur donnent « une signature ».

Ensuite la difficulté à caractériser une vulnérabilité humaine de ce territoire, en effet **la vulnérabilité n'est pas une constance** : elle dépend de la date où l'événement va se produire. L'événement de 1958 a débuté un mardi, celui de 2002 un dimanche après-midi alors que les écoles, les usines et les bureaux étaient fermés. D'autre part, les moyens hélicoptères ont pu intervenir dans de relatives bonnes conditions atmosphériques donc avec une efficacité maximale. A quelques heures près cet événement aurait pu causer une centaine de morts pour ce même territoire. Ceci entretient l'extrême diversité des perceptions (et des opinions !) sur la vulnérabilité réelle, sur les dangers encourus et au final sur les attitudes à promouvoir pour les années à venir. **En traversant cette magnifique plaine de la Gardonnenque, la population qui y vit, n'a pourtant pas cette perception de pouvoir être autant en danger...**d'où la nécessité de passer du concept actuel de « **culture du risque** » à une notion de « **conscience du risque** » qui responsabilisera davantage les acteurs.

Les crues méditerranéennes provoquent à chaque fois sur notre territoire gardois des dégâts aux biens et aux personnes.

Peut-on y remédier ?

La réponse est bien évidemment oui mais la réduction de notre vulnérabilité nécessite de revoir complètement notre mode d'aménagement des territoires.

Il faut deux conditions pour réussir :

- Bâtir collectivement une stratégie globale.
- S'y tenir (ne pas se laisser "éroder" par le temps !).
-

- **Une stratégie globale**

Le terme **global** concerne à la fois le territoire (le fleuve, la rivière et les affluents) et les actions à mettre en œuvre (depuis le développement de la conscience du risque en passant par les mesures réglementaires).

Il va falloir mener tout de front sur une longue période...

Bâtir collectivement une stratégie nécessitera une large concertation de tous les acteurs et une responsabilisation de tous, du riverain à l'Etat en passant par les communes, leur groupement, les syndicats, le Département, la Région, ...vaste programme !

Concrètement il y a 3 axes de réflexions à mener simultanément sur tout le bassin versant :

- **Protection,**
- **Prévention,**
- **Prévision.**

PROTECTION:

C'est, surveiller et entretenir le patrimoine hydraulique déjà construit (notamment les digues).

C'est tenter de réduire les aléas (en débit, vitesse ou hauteur d'eau) pour les lieux habités.

Valoriser les zones naturelles d'expansion de crues et retenir l'eau en amont le plus longtemps possible. C'est le nouveau concept de "ralentissement dynamique des crues" –on ne cherche plus à canaliser, ce qui accélère les flots, mais on cherche à amortir, puis à "conduire" la crue.

PREVENTION:

C'est réduire la vulnérabilité des bâtiments déjà construits, démolir les plus dangereux, réduire la vulnérabilité des infrastructures de transports terrestres et développer la conscience

du risque de la population. Les outils juridiques existent désormais : information préventive et Plans de Prévention (PPRi). Il faut les mettre en œuvre dès à présent.

PREVISION:

Ces crues torrentielles étant très rapides, "il faut gagner du temps sur le temps" et anticiper à deux niveaux :

- alerter plus rapidement (c'est l'objectif de transformation de l'actuel Service d'Annonce des Crues (SAC) en futur Service de Prévision des Crues (SPC).

- se préparer à gérer les crises au plus près de la population (c'est l'objectif des Plans de Sauvegarde Communaux).

C'est le sens des actions engagées dans le "**plan BACHELOT pour le GARDON**" en cours de mise en œuvre sur la totalité du bassin versant du Gardon afin "**d'intégrer ces risques d'inondation dans le projet de développement durable de ce territoire**".

SITE INTERNET DE LA DDE DU GARD : WWW.GARD.EQUIPEMENT.GOUV.FR

RECUEIL DES CRUES HISTORIQUES DANS LE GARD entre 1295 et 1958 : 230 crues majeures ! Atlas des zones inondables du Gard

Les plans « BACHELOT » dans le Gard plans Gardon et Vidourle

Intégrer le risque inondation dans le projet de développement durable de ce territoire.

Site DDE du Gard :

www.gard.equipement.gouv.fr

Photos inondations 2002 :

www.languedoc-roussillon.ecologie.gouv.fr/risques/gard_2002/gardons/photos/index.html

Atlas PHE :

www.gard.equipement.gouv.fr/eau_environnement/atlasPHE/default.htm

Atlas Zones Inondables :

www.gard.equipement.gouv.fr/eau_environnement/atlasZI/zonesinondablesdugard.asp

www.languedoc-roussillon.ecologie.gouv.fr/risques/inondation.htm

M. Michel LESCURE / DDE 30

Tel. 33-4-66-62-63-10

Fax 33-4-66-62-62-57

michel.lescure@equipement.gouv.fr

ENTRE ALEAS CLIMATIQUES, RISQUES D'INONDATION ET L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE POUR DES AMENAGEMENTS CONFORMES AUX APTITUDES DU MILIEU

KALA. Mahdi*

*Directeur du laboratoire de recherche Risques naturels et
Aménagement du territoire (LRNAT)
UNIVERSITE HADJ LAKHDAR-BATNA

RESUME

Il existe une grande confusion chez bon nombre d'interlocuteurs entre l'Aléa et le Risque.

Si nous considérons que l'aléa et un écart a fonctionnement dans les phénomènes naturels en l'occurrence les écarts de fonctionnement hydrologiques et dont l'occurrence est profondément aléatoire, nous comprendrons alors pourquoi le citoyen considère l'inondation comme une fatalité.

C'est pour cela qu'il est nécessaire de montrer comment l'aléa se transforme en risque lorsque se conjugue avec les enjeux socio-économique.

Nous essayerons de préciser dans cette communication les différents modes de réponse hydrologique dans un bassin versant en milieux semi arides en fonction de leur aptitude à l'écoulement.

Nous essayerons de montrer ensuite comment gérer le risque d'inondation entre la prévision, la prévention et la protection en fonction des enjeux et des politiques d'aménagement du territoire.

INTRODUCTION

DEFINITION : les risques naturels sont des dangers ou des catastrophes causés par des aléas naturels plus ou moins probables aux quels sont exposés les sociétés humaines.

Entre l'Aléa et le Risque : Le risque est intimement lié à l'enjeu. L'étude des risques et une nécessité socioéconomique et environnementale. Les risques naturels ont pour cause la dynamique des milieux physiques.

L'ALGERIE EST UN ESPACE A RISQUES : Risques liés aux aléas Climatiques, Risques d'inondation. Le passage de la crue à l'inondation : les crues sont des phénomènes naturels, ce sont des écarts de fonctionnement hydrologiques, générés par des pluies

torrentielles de grande intensité qui ont un caractère profondément aléatoire. Les régimes pluviométriques en sont souvent la cause: lorsque l'irrégularité présente le trait majeur du climat comme c'est le cas en Algérie, les excès et les déficits ont souvent des allures de catastrophes climatiques. Certaines années sont tristement célèbres :

Bangladesh 1970 : 300 000 morts

Calcutta 1971 : 10.000 morts

Sud-Est de l'Inde 1977 14.000 morts

Bangladesh 1985: 11 000 morts

Alger Bab El Oued 2001: 4000 mort

Les inondations sont des phénomènes profondément anthropiques. Il y a inondation lorsqu'il y a des infrastructures installées dans des zones inondables. Les aléas conjugués aux enjeux socio-économiques entraînent le risque. Les mécanismes qui régissent l'aléa cru dépendent étroitement de la connaissance et la précision de la réponse hydrologique de l'unité physique génératrice des crues en l'occurrence le bassin versant.

Connaître la réponse hydrologique implique la connaissance et la prédétermination de l'aptitude à l'écoulement dans le bassin versant, celle-ci est basée sur la connaissance des caractéristiques physiques et morphométriques du bassin versant et leurs interactions qu'on peut assimiler à notre avis à un GEOSYSTEME

Geosysteme

Composante stable

- ☐ Flux : Précipitation, Température, Rayonnement solaire, Vent, Pression atmosphérique, Intervention de l'homme
- ☐ Pente, Substratum, Formations superficielles, Drainage, Altitude, Exposition, Couvert végétal
- ☐ Sorties : écoulement, Charge sociale, Processus morpho dynamique
- ☐ Rétro action
- ☐ Nouveaux modelés
- ☐ Le bassin versant interprété comme un géosphère

II- METHODOLOGIE D'APPROCHE

II. 1-Modélisation de l'aléa et du risque

- Méthodes d'analyse des risques et dangers liés aux inondations
- Développement d'une méthodologie pour la gestion rationnelle du risque et danger basée sur une analyse systémique et approfondie multi - critères de l'aide à la décision.
- Mise au point d'outils pédagogiques pour la sensibilisation et la formation de cadre et des décideurs à la maîtrise du risque d'inondation.
- Intégration des aspects déterministes et aléatoires dans la conduite des projets d'aménagement du territoire (Analyse du risque d'inondation en milieu urbain).
- Identification des scénarios d'accidents basés sur des approches fréquentielles.
- Construction d'indices de niveau de risque intégrant une évaluation de gravité réaliste et historique.
- Réalisation de systèmes d'information multiforme (logiciels d'auto -diagnostique – système d'aide à la décision).

II. 2-Gestion du Risque inondation

On ressent le risque en fonction de son acceptabilité. Vis-à-vis d'un risque donné le niveau d'acceptabilité n'est pas le même selon les lieux, les époques et les individus. Quand on veut se protéger d'un risque naturel, en l'occurrence l'inondation, on doit préciser le niveau de risque acceptable.

La gestion du risque est régie par les 03 P:

- La Prévision
- La Prévention
- La Protection

❖ PREVISION

Pour mieux cerner les phénomènes potentiels on doit préciser :

- Où sera localisé le phénomène ?
- Quand se déroulera t-il, quelle est sa probabilité ?
- Eventuellement à quelle fréquence ?
- Quelle sera l'intensité du phénomène ?

La compréhension et connaissance du risque passe par la prévision de l'aléas crue c'est-à-dire anticiper la réponse hydrologique du bassin versant en définissant :

- le débit probable par rapport à une averse d'intensité donnée en tenant compte des caractéristiques physiques du bassin versant.
- Il est nécessaire de disposer d'informations pluviométrique météorologiques fiables (des équipements de mesures adéquats,
- Mettre en place une banque de donnée régionale et nationale, notamment la connaissance préliminaire des aspects géographique du risque d'inondation (répartition spatiale
- Savoir évaluer le niveau du risque c'est mieux le maîtriser

Donc, prévenir c'est anticiper un événement pour l'empêcher de se produire. Mettre au point des modèles mathématiques expliquant le processus de fonctionnement du phénomène.

❖ **PREVENTION**

La prévention permet de limiter les pertes humaines et de minimiser considérablement le coût des réparations. Prend plusieurs aspects:

- 1- l'information: est à la charge de la puissance publique vis-à-vis des personnes susceptibles d'être menacées.
- 2- La prise en compte par les aménageurs de l'espace public et privé.
- 3- La mention du risque grevant le bien considéré dans tous les documents de transaction.
- 4- Les secours : l'efficacité des secours est liée à la rapidité d'intervention : conception concertée des plans ORSEC.
- 5- Organiser des exercices d'alerte pour évaluer la performance et le degré d'efficacité dans l'intervention et organisation des secours.

❖ **PROTECTION**

Chaque risque nécessite une réponse spécifique, cependant la protection a deux orientations majeures: S'opposer à l'expression d'un phénomène:

- C'est la défense active. Laminer une crue en retardant ses effets qui risque d'inonder un espace urbain.
- Modification des enjeux: Il s'agit de modifier suffisamment les enjeux pour réduire leur vulnérabilité.
 - 1- protéger l'enjeu : c'est la défense passive
 - 2- diminuer l'enjeu : le zonage est la méthode la plus efficace. Il s'agit de délocaliser l'enjeu en dehors de l'atteinte du phénomène.

III. RISQUES ET AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

Il s'agit d'adapter les outils de l'aménagement du territoire aux aléas naturels, en introduisant des études et des plans expliquant et délimitant les risques: Aménager conformément aux aptitudes du milieu naturel

- 1-plan d'exposition aux risques naturels: PER
- 2- plan de protection contre les risques naturels PPR
- 3- revoir et enrichir le code de l'urbanisme, le code des forêts...etc.
- 4-Intégrer la logique « ORSEC » dans toutes les phases d'élaboration des différents plans d'aménagement.

Contribution de l'université dans le phénomène « Risques Naturels »

On se rend compte qu'au niveau national au moins, le spécialiste type dans le domaine des risques naturels n'existe pas ce que semble normal en l'absence de formation graduée ou post-graduée spécialisée, Il y a donc, un grand retard à rattraper.

L'université de Batna qui dispose d'un département des sciences de la terre et d'aménagement du territoire, de génie civil, d'hydraulique, et d'hygiène et sécurité essaye d'apporter une contribution modeste. Nous pourrions citer entre autre :

1-la création d'un laboratoire de recherche agréé sur les risques naturels et l'aménagement du territoire (LRNAT) composé de 05 équipes de recherche qui essayent d'activer dans ce contexte.

2- le lancement de sa post-graduation: magister (2003/2004) en dynamique des milieux physiques et risques naturels.

3-projet de post-graduation spécialisée (PGS): Evaluation des risques naturels et technologiques 2004/2005.

IV. CONCLUSION

Les risques naturels et technologiques sont des phénomènes qui peuvent avoir lieu n'importe quand et n'importe où.

On ne peut les contenir que par des actions concertées entre scientifiques et pouvoirs publics et société civile par:

- La Prévision
- La Prévention
- La Protection

Pour cela on ne doit jamais essayer de dompter la nature car celle-ci finit toujours par reprendre ses droits, souvent d'une manière brutale.

Il existe un consensus sur la nécessité d'apprivoiser peut être la nature. Pourquoi pas, un jour composer avec la nature.

- Les risques naturel et technologique sont des phénomènes qui peuvent avoir lieu n'importe quand et n'importe où.
- On ne peut les contenir que par des actions concertées entre scientifiques et pouvoirs publics et société civile par: La Prévision, la Prévention et la Protection

Pour cela on ne doit jamais essayer de dompter la nature car celle-ci fini toujours par reprendre ses droits, souvent d'une manière brutale. Il existe un consensus sur la nécessité d'apprivoiser peut être la nature. Pourquoi pas, un jour composer avec la nature.

LES INONDATIONS EN ALGERIE

LAHLAH. Salah*

*Ingénieur Hydrologue, chef de section. ANRH. ALGER

lahlahsalah@yahoo.fr

RESUME :

L'Algérie connaît épisodiquement des phénomènes de crues et d'inondations qui se manifestent de façon catastrophique constituant ainsi une contrainte pour les activités et une entrave pour le développement économique et social.

Plusieurs régions de notre pays sont régulièrement menacées par ces catastrophes naturelles dont les impacts sont souvent intensifiés par d'autres facteurs qui aggravent les effets de crues tels que : l'urbanisation anarchique par l'occupation des zones inondables et la défaillance des réseaux d'eaux pluviales. Par conséquent, des inondations dramatiques ne sont pas toujours liées à des situations météorologiques exceptionnelles, mais dans beaucoup de cas, elles surviennent lors d'événements pluvieux ordinaires et saisonniers.

La réduction des dommages causés par des catastrophes nécessite en premier lieu une connaissance des régions sujettes à ce risque ainsi qu'une identification des facteurs favorisant et amplifiant ces phénomènes. L'élaboration d'une carte de zones inondables serait un outil précieux pour les décideurs et les planificateurs dans la définition d'une stratégie de lutte et de prévention contre les inondations.

Dans cette optique, l'ANRH a effectué un inventaire exhaustif des inondations survenues en Algérie durant ces quarante dernières années. Cet inventaire différencie les inondations causées par des pluies exceptionnelles généralisées affectant plusieurs wilayas à l'exemple des inondations catastrophiques de mars 1973 et décembre 1984 sur tout l'Est Algérien, et d'autre part les inondations dues à des orages locaux, de forte intensité et affectant surtout certaines agglomérations et villes rendues plus vulnérables par la prolifération des constructions anarchiques.

INTRODUCTION

L'Algérie est l'un des pays confrontés aux phénomènes de crues et d'inondations qui se manifestent de façon catastrophique constituant ainsi une contrainte majeure pour le développement économique et social, ces inondations sont les catastrophes naturelles les plus destructives et même les plus fréquentes et provoquent d'importants dégâts humains et matériels.

Plusieurs régions du pays sont régulièrement menacées par ces catastrophes naturelles dont les effets sont souvent intensifiés par d'autres facteurs qui aggravent les effets des crues, ces événements dramatiques engendrant souvent des bilans lourds de dégâts humains et matériels ne sont pas toujours liées à des situations météorologiques exceptionnelles et surviennent dans beaucoup de régions suite à des épisodes pluvieux saisonniers et n'ayant rien d'exceptionnel.

L'inventaire des inondations catastrophiques à travers le pays établi pour les 30 dernières années montre qu'il n'existe pas de régions prémunies contre ce risque et que ces événements sont imprévisibles dans le temps et dans l'espace.

Cet inventaire fait ressortir les grandes inondations engendrées par des pluies exceptionnelles généralisées sur des grands bassins versants et pouvant toucher plusieurs régions atteignant parfois l'ampleur d'une catastrophe nationale telles que: **les inondations de l'automne 1969 en Algérie et en Tunisie, les inondations catastrophiques de Mars 1973 sur l'Est Algérien, les inondations de Mars 1974 des bassins versants de l'Algérois et de la Sebaou, les inondations de Décembre 1984 sur tout l'Est Algérien** et les inondations urbaines affectant surtout les agglomérations et les villes provoquées par des orages localisés d'automne et d'été et dont les conséquences dramatiques pourraient être évitées si ce n'est d'autres facteurs qui les amplifient.

Ainsi, si les inondations sont classées dans la catégorie des catastrophes naturelles, il reste que dans plusieurs régions du pays; elles sont en grande parties imputable aux agissements de l'homme:

L'occupation des rives immédiats des cours d'eau et l'urbanisation anarchique, la défaillance des réseaux d'assainissement et de collecte des eaux pluviales, le gonflement des oueds par les décombres et les détritits et d'autres agissements humains qui favorisent des dégâts lors des averses saisonnières.

Les risques d'inondations sont dus, à l'interaction complexe de plusieurs composantes, c'est le donc la concomitance de facteurs topographiques, géologiques, hydrologiques et météorologiques.

I. CAUSES ET TYPES DES CRUES CATASTROPHIQUES EN ALGERIE

Les précipitations caractérisées, en Algérie, par une très forte irrégularité tant interannuelle que saisonnière entraînent des étiages extrêmement sévères des cours d'eau et inversement des fortes crues et des inondations engendrant des dégâts humains et matériels considérables.

La genèse des fortes crues et leurs impacts sur l'environnement et les activités différentes d'une région à une autre en fonction des conditions géographiques, climatiques et d'occupation des sols qui les caractérisent.

Bien que la cause fondamentale de la plupart des inondations soit l'arrivée d'importantes chutes de pluie, cependant, elles ne sont pas toutes dues à des phénomènes exceptionnels. En bien des occasions, d'autres facteurs agissent, soit pour aggraver les effets d'une crue, soit pour créer eux mêmes des phénomènes hydrauliques dans les surfaces de l'eau tels que la présence des détritits et des troncs d'arbres qui réduisent la capacité du lit de l'oued.

D'une manière générale, les causes des inondations survenues en Algérie peuvent être classées en trois types:

- Les inondations liées à des situations météorologiques remarquables se traduisant par une forte pluviosité (pluies importantes, orages violents) tels que les inondations de décembre 1957 des bassins de Mazafran et de la Sebaou, les inondations de l'automne 1969 en

Algérie et en Tunisie, les inondations catastrophiques de Mars 1973 sur l'Est Algérien, les inondations de Mars 1974 des bassins versants de l'Algérois et de la Sebaou, les inondations de Décembre 1984 sur tout l'Est Algérien etc...

- Les inondations provoquées par des facteurs liés à l'effet de l'homme: la défaillance des réseaux d'assainissement et de collecte des eaux pluviales, le gonflement des oueds par les décombres et les détritiques et d'autres agissements humains qui favorisent des dégâts lors des averses saisonnières; les cas de la ville de Tiaret inondée presque à chaque hiver et la plaine de Mزاب ou des inondations se produisent tous les 02 à 03 ans illustrent parfaitement l'influence de ces facteurs dans l'apparition du phénomène d'inondation.
- Les inondations produites dans des régions présentant un environnement topographique défavorable comme le cas des villes traversées par des oueds (Bordj Bou Arréridj, Oued R'hieu, Sidi Bel Abbés) ou situées au pied d'une montagne (Ain Defla, Batna, Medea). Ces agglomérations à forte concentration des populations et sous l'effet d'une urbanisation anarchique et non réglementée présentent des grands risques, des pertes humaines et des destructions de constructions sont enregistrés à chaque inondation aussi légère qu'elle soit.

Ces inondations selon les caractéristiques des crues, leurs durées et leurs étendues sont de deux types:

- Les inondations engendrées par des crues torrentielles appelées aussi: crues éclair et affectant les petits bassins versants de quelques dizaines de Km² et sont le plus souvent liées à des chutes de pluies isolées et localement intenses issues de phénomènes de convection sous forme de tempêtes orageuses se produisant généralement en automne et été.

Les crues de ce type sont particulièrement dangereuses en raison de la soudaineté et de la rapidité avec lesquelles elles se produisent, les ruissellements extrêmement rapides et violents peuvent intervenir moins d'une heure après la pluie et les débits des oueds passent de quelques m³/s à plusieurs milliers de m³/s en 02 ou 03 heures seulement. L'inondation de la ville de Oued R'hieu (le 20 octobre 1993) ou 20 minutes de pluies ont fait: 23 morts, 20 blessés et plusieurs disparus est l'exemple parfait de ce type de crues.

- Les inondations des grands bassins versants; elles résultent le plus souvent des précipitations importantes généralisées sur des grandes étendues et caractérisées par leur quantité et leur durée qui peut atteindre 10 à 15 jours. ces crues sont massives, lentes et à évolution facilement prévisibles sauf lorsqu'elles sont brutalement aggravées par des affluents aval plus courts et plus rapides.

Nous présentons dans ce qui suit un inventaire descriptif des inondations les plus catastrophiques survenues en Algérie ces 20 dernières années.

II. RECENSEMENT DES INONDATIONS CATASTROPHIQUES EN ALGERIE (1970 - 2000)

La réduction des dommages causés par ces calamités nécessite d'abord une parfaite identification des régions présentant le risque d'inondabilité et des facteurs favorisant et amplifiant l'ampleur des dégâts et des pertes engendrées.

Un premier travail de recensement de ces inondations s'avère indispensable afin de mieux identifier les régions présentant des risques réelles d'inondation et de fournir certains paramètres hydrologiques caractérisant ces événements.

On présente dans ce qui suit par ordre chronologique, un bref aperçu des inondations survenues en Algérie au cours de ces trente dernières années.

12 Octobre 1971

Fortes pluies orageuses localisés a **Azzazga** (pluie journalière de 182.6 mm)

Dégâts:

- 40 morts et des centaines d'habitations détruites.

27 au 29 Mars 1973

Pluies exceptionnelles (pluie journalière de 166.2 mm à Annaba) généralisées a **l'Est Algérien** provoquant des inondations catastrophiques dans plusieurs wilayas de l'Est du pays.

Le tableau suivant résume les caractéristiques des crues observées lors de ces inondations:

Station	Oued	Hauteur maximale (m)	Débit maximum (m ³ /s)
Medjez Amar II	Bouhamdane	6.00	986
Bouchegouf	Mellah	6.60	559.5
Ain Berda	Ressoul	3.54	137
M.Rochefort	Cherf Amont	4.29	345
Mirbeck	Seybousse	15.00	2400
Ain El Assel	Kebir Est	10.30	376.44
Souk Ahras	Medjerdah	6.50	345
Ouenza	Mellegue	3.36	466.5
El Aouinet	Mellegue	3.5	385.2
Morsott	Ksob	3.65	97.5

28 au 31 Mars 1974

Pluies exceptionnelles dans les wilayas d'**Alger et Tizi Ouzou** (688 mm au en 04 jours et 381 mm en 01 journée au Col de Sakamody)

Dégâts:

Bilan de la wilaya de Tizi Ouzou

- 52 morts et 4570 maisons détruites.
- 130 villages isolées et plus de 18 000 sinistrés.
- 13 ponts détruits et des dizaines kilomètres de routes emportés.
- dégâts matériels des divers services techniques évalués à 27 Millions de DA.

Le tableau suivant résume les caractéristiques des crues observées lors de cet événement dans les bassins des Côtiers Algérois, de la Sebaou, de l'Isser et de la Soummam.

Station	Oued	Qmax (m3/s)	Volume ruisselé (hm ³)
Belloua	Sebaou	2940	311
Baghlia	Sebaou	3420	476
RN 25	Bougdoura	580	49
Lakhdaria	Isser	2520	259
Sidi Aich	Soummam	1820	281
R des Piégeons	El Harrach	819	97
Baraki	El Harrach	1620	175
Keddara	Boudouaou	267	21
Fer à Cheval	Mazafran	754	196
Attatba	Mazafran	750	97

01 Septembre 1980

Pluies orageuses violentes et localisées sur un rayon de 15 Km à la ville **d'EL EULMA** provoquant des crues catastrophiques de l'oued Djehadi

Dégâts:

- 44 morts, 50 blessés et 365 familles sinistrées

17 Novembre 1980

Pluies torrentielles de 04 jours (99.8 mm) à **Ghardaia** (Pj: 46.5 mm) et fortes crues de l'oued M'Zab.

11 Novembre 1982

Pluies orageuses violentes localisées à **Annaba** aux Monts de L'Edough sur quelques kilomètres seulement (pluie enregistrée du 10/11 au 11/11/1982 est de 167 mm à L'Edough et 160 mm à Seraïdi) et intenses (35 mm en l'espace de 40 minutes) à Seraïdi engendrant des fortes crues des oueds: Bouhdid, Forcha, Zied et Aneb.

22 Aout 1983

Pluies orageuses très violents à **Birrine (W.Djelfa)** inondant la commune de Birrine à 60 %.

Dégâts:

- 10 morts, 10 blessés.
- 200 habitations détruites et 1200 têtes de bétail emportées par les eaux.

03 Février 1984

Pluies abondantes généralisées sur l'ensemble de l'**Est Algérien** avec un foyer de maximum sur les monts de Constantine (120 mm en 03 jours) et les monts de la Medjerdah (80 mm en 03 jours) ont provoqué des inondations catastrophiques dans toutes les wilayas de l'Est Algérien..

Dégâts:

Jijel: 20 morts, 500 têtes de bétail emportées et dégâts évalués à 50 millions DA.

Constantine: 1140 familles sinistrées 200 ha de cultures détruites

Skikda : 8000 habitations envahies par les eaux.

Guelma : 03 disparus, 157 familles sinistrées, 02 ponts détruits et canalisations d'AEP détruites à 100 %.

Khenchla: 777 familles sinistrées et pertes importantes en cheptel.

Oum El Bouaghi: 144 maisons détruites et 429 familles sinistrées.

Dans le tableau suivant sont résumées les caractéristiques des crues.

Station	Oued	Hauteur maximale (m)	Débit maximum (m ³ /s)
Medjez Amar 1	Cherf Aval	6.00	2000
Medjez Amar II	Bouhamdane	6.80	1500
Boucheougouf	Mellah	4.58	715
Moulin Rochefort	Cherf Amont	--	632
Ain Berda	Ressoul	3.80	173
Mirbeck	Seybousse	15.15	3100

29 Décembre au 01 Janvier 1985

Pluies exceptionnelles (plus de 250 mm en 04 jours seulement et 195 mm en une journée) généralisées sur toutes l'Est Algérien provoquant des inondations très catastrophiques dans les wilayas de: **Jijel, Constantine, Skikda, Guelma, Annaba et El Tarf .**

Le tableau ci dessous récapitule les caractéristiques des fortes crues observées sur l'ensemble des oueds des bassins versants de la Seybousse, des côtiers constantinois et du Kebir Rhummel.

Station	Oued	Hauteur maximale (m))	Débit maximum (m ³ /s)	Volume ruisselé (hm ³)
Medjez Amar 1	Cherf Aval	6.20	---	--
Medjez Amar II	Bouhamdane	6.10	1450	124.7
Bouhegouf	Mellah	3.89	510	--
Ain Berda	Ressoul	3.05	80	6.84
Mirbeck	Seybousse	14.90	2900	455
Ain El Assel	Kebir Est	10.10	508	71.5
Ain Charchar	Kebir Ouest	11.3	316	113

05 juillet 1987

Pluies orageuses très violentes à **Batna** (pluie journalière de 57 mm).

Dégâts:

- 02 morts et des dizaines de familles sinistrées.
- dégâts évalués à 175 millions de centimes.

17 Juin 1989

Pluies diluviennes à **Tiaret** (Orage violent d'une durée de 15 minutes).

Dégâts:

- Affaissement de terrains et dégâts matériels considérables.

01 Septembre 1989

Fortes chutes de pluies à la wilaya de **BISKRA** accompagnées de grêles et d'un vent d'une rare violence provoquant le débordement des oueds El Arab, El Mellah et El Kheddra.

Dégâts:

- 02 morts et 35 blessés.
- 400 palmiers, des serres et de cultures de maraîchages détruites.

21 Septembre 1989

Fortes Pluies orageuses à la Wilaya de **M'SILA** (Commune de Sidi Aissa particulièrement touchée).

Dégâts:

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

11 Octobre 1989

Fortes Pluies orageuses à la Wilaya d'**EL TARF**.

Dégâts:

- 60 familles sinistrées à DREAN

15 Octobre 1989

Orage très intense et localisé à la ville de **Ain Defla**.

Dégâts:

- 01 mort et une centaine de familles sinistrées.

03 Juin 1991

Orage local et très violent à **Ghardaia** (8 mm en 03 h)

Dégâts:

- 09 morts et pertes importantes en cheptel et de palmeraies.

- Destruction partielle de la digue d'El Atteuf
- Ponts, chaussées et réseaux d'assainissement avoisinant oued Mzab dégradés.

26 - 27 Janvier 1992

Fortes pluies généralisées du 24 au 28 janvier 1992 sur plusieurs régions du centre du pays engendrant des inondations catastrophiques aux wilayas: **Alger, Blida, Tipaza, Chlef, Ain Defla, Medea...**

Dégâts:

- Des morts et un nombre important de blessés.
- 637 familles sinistrées (361 à Alger, 106 à Tipaza, 87 à Medea, 36 à Ain Defla et 23 à Chlef).
- Importants dégâts aux infrastructures routières et aux exploitations agricoles:
 - Le pont reliant Bougara à Bouinan emporté.
 - Le pont reliant L'Arbaa à Bougara endommagé.

Les caractéristiques des crues observées sur plusieurs oueds du centre du pays sont:

Station	Oued	Hmax (m)	Qmax (m3/s)
Arbaa gorges	DJEINA	2.10	96
Rocher des piégeons	EL HAMMAM	4.40	550
Baraki	EL HARRACH	6.33	1500
Gorges Chiffa	CHIFFA	3.30	122
Attatba	BOUROUMI	5.70	297
fer à Cheval	MAZAFRAN	8.00	378
Arib Chellif	CHELLIF	9.32	472
Lakhdaria	ISSER	10.00	860

20 Octobre 1993

Pluies orageuses intenses à la ville de **Oued R'hiou** causant crues violentes de Oued Grigra, petit cours d'eau situé en amont de la ville de Oued R'hiou.

Dégâts:

- 22 morts, 20 blessées et plusieurs disparus.
- Des dizaines de familles sinistrées et d'importants dégâts matériels.

Les débits de crues de l'oued R'hiou mesurés aux deux stations hydrométriques sont:

Station	Oued	Qmax (m ³ /s)
Ammi Moussa	R'hiou	296
Djidiouia RN 04	R'hiou	164

23 Septembre 1994

Inondations catastrophiques dans plusieurs régions du pays; les régions les plus touchées sont: **Bordj Bou Arréridj, Msila, Djelfa, Medea, Bouira, Ain Defla et Tiaret.**

Dégâts:

Bilan national:

27 morts, 84 blessés et 941 familles sinistrées.

29 Septembre au 02 Octobre 1994

Inondations catastrophiques dans plusieurs régions du pays (**Ghardaia, Laghouat, Biskra, Mascara, Tissemsilt, Sidi Bel Abbés**).

Dégâts:

Ghardaia: Dégâts matériels évalués à 270 millions DA.

Laghouat: Dégâts matériels évalués à 05 millions DA dans le secteur de l'hydraulique.

Biskra: 08 morts, 22 familles sinistrées et routes endommagées.

Mascara: 02 morts et importants dégâts matériels.

Tissemssilt: 09 morts

Sidi Bel Abbés: 02 morts.

06 Octobre 1994

Fortes pluies orageuses dans la wilaya de **Oum El Bouaghi** provoquant d'immenses dégâts à la région de Bir El Hanchir

Dégâts:

350 familles sinistrées.

43 habitations, 15 puits et terres agricoles endommagés.

06 Février 1996

Forte pluie dans la daïra **d'El Khemis** à **Ain Defla** (81 mm en 17h35 mn) provoquant ses débordement catastrophiques des cours d'eau menant du massif Zaccar vers l'oued Cheliff.

Dégâts:

- 158 familles sinistrées et importants dégâts matériels

04 Avril 1996

Inondations catastrophiques dans les wilayas de **Annaba et El Tarf**.

Dégâts:

Annaba : 05 morts et 10 blesses

El Tarf : 04 ouvrages endommagés et pertes agricoles aux plaines de Bouteldja et El Iam.

24 Septembre 1998

Pluies diluviennes et inondations catastrophiques aux wilayas de **Bouira (Bechloul, El Hachimia et Sour El Ghozlane)** et **Medea (Beni Slimane)**.

Dégâts:

- Plusieurs disparus et des centaines de familles sinistrées.
- Plusieurs hectares de terres agricoles endommagées, des véhicules et du bétail emportés par les crues.
- Perte d'une retenue collinaire à la région de **Ahl El Ksar**.

06 Octobre 1998

Pluies diluviennes et inondations catastrophiques à la wilaya de **DJELFA**

Dégâts:

- 200 hectares de récoltes inondées et pertes importantes en cheptel.
- Un petit barrage détruit à Thaadmint et 20 puits d'irrigation éboulés.

14 Janvier 1999

Fortes chutes de pluies (74 mm à Adrar) à l'ouest du Sahara provoquant de graves inondations a **Adrar**.

Dégâts:

- 12 morts et plusieurs disparus.
- 174 habitations en toub détruites dans les localités de: Reggane, Tsabit, Timmimoun et Adrar.
-

28 Septembre 2000

Pluies diluviennes dans la région de **BOU SAADA** provoquant des fortes crues de l'Oued Bou Saada.

Dégâts:

- 01 mort, 01 disparu.
- 13 habitations détruites, 38 familles évacuées et 193 têtes de bétail emportées par les eaux.
- **14 Octobre 2000**

Fortes pluies (56 mm en l'espace de 04 h) dans la wilaya de **AIN TEMOCHENT** et crues catastrophiques de l'oued El Maleh

Dégâts:

- 04 morts et plusieurs disparus.
- plusieurs habitations démolies et immenses dégâts matériels.

23 Octobre 2000.

Pluies torrentielles à la wilaya de **NAAMA** engendrant des inondations catastrophiques aux régions de: **Ain Sefra et Mechria**.

Dégâts:

- 05 morts et une douzaine portée disparus.
- Pertes importantes en cheptel.
- La voie ferrée reliant Ain Sefra - Beni ounif endommagée.
- Un pont situé au centre ville de Meghrar endommagé.

24 Octobre 2000.

Inondations catastrophiques à **SIDI BEL ABBES** (oued Mekerra), **TISSEMSILT**
(**Theniet El Hed** - oued Mesloub), **CHLEF** et **AIN DEFLA**

Dégâts:

- Deux personnes emportées par l'oued Mekerra.
- 01 mort et importants dégâts matériels à Theniet El Had.

CONCLUSION

Ce premier travail traitant l'une des catastrophes naturelles les plus fréquentes et les plus dévastatrices de notre pays présente une tentative d'identification des zones à haut risque d'inondations.

La contribution future des directions régionales de l'ANRH permettra d'aboutir à un état des lieux plus complet en vue d'une cartographie des zones inondables.

L'approche méthodologique à définir de la cartographie des zones inondables repose essentiellement sur la démarche suivante:

- Répertorier les zones inondables par des investigations sur terrain, l'utilisation de la photographie aérienne et des enquêtes auprès des riverains.
- Reconstituer les données historiques relatives aux crues et évaluer les fréquences d'occurrence de ces événements.
- Etudier les caractéristiques hydroclimatologiques et topographiques des bassins versants sujets à des inondations.
- Utiliser les outils de cartographie automatique pour superposer l'ensemble de couches et élaborer des cartes définissant les degrés du risque pour chaque région.

GESTION RISQUE INONDATION- APPLICATION REGLEMENTAIRE POUR LA SAUVEGARDE DES PERSONNES ET DES BIENS.

GUENEFI. D*

*Directeur de la Protection Civile, Wilaya de Skikda.

RESUME :

En Algérie la plupart des cas d'inondation ont provoqué toujours d'importants dégâts aux cheptels, infrastructures, entraînant même des pertes en vies humaines causant une paralysie d'ordre économique, industriel, agricole et social.

La protection civile, dans un souci de sauvegarde de personnes et de préservation des biens, s'est prémunie d'un cadre législatif réglementaire par la promulgation du décret 85/232 relatif à l'organisation des interventions et de secours et du décret 85/232 relatif à la prévention des risques de catastrophes dont l'objectif principal demeure d'une part, la maîtrise et la gestion des risques naturels et technologiques et d'autre part la protection des zones sinistrées par l'acquisition de matériels spécifiques pour faire face à ce genre de catastrophes.

En outre le thème traitera aussi le volet lié à la surveillance par la mise en place d'un dispositif national et local d'alerte visant à mettre à la disposition des services concernés par l'intervention, l'information devant permettre son exploitation et d'évaluer par le même les effets des inondations ainsi que les mesures à prendre.

I - GENERALITES SUR LES INONDATIONS

Définition :

L'inondation est une submersion d'une zone avec des hauteurs d'eau variables, elle peut se présenter sous trois aspects :

- INONDATION DE PLAINE
- INONDATION TORRENTIELLE
- INONDATION URBAINE

BILAN

- Annaba 1973 – 1976 – 1979 - 1982
(03 morts, 1398 sinistres)
- Constantine 1984 (780 SINISTRES)
- Skikda 1984 11 morts (7429 sinistres)
- Jijel 1985 (20 Morts 1840 sinistres)
- Ouargla 1990 (1497 sinistres)
- Tébessa 1990 (06 morts)
- B.B.Arréridj 1994 (16 morts, 800 sinistres)
- Bab. El Oued novembre 2001 (772 morts, 126 disparus, 320 blesses, 1454 sinistres)
- Adrar 2004 (17 logt + 250 lgts endommagés)
- Skikda novembre 2004 (1 mort + plus de 600 familles sinistrés)

▪ CADRE REGLEMENTAIRE

-Décret 85/231 du 25 Août 1985 fixant les modalités d'organisation des interventions et des secours en cas de catastrophe.

- Décret 85/232 du 25 Août 1985 relatif à la prévention des risques de catastrophe.

▪ CAUSES

- Urbanisation sauvage favorisée par des constructions sur les lits d'Oueds, zone
- inondable, versant de montage et remblai.
- Déforestation
- Absence de curage des Oueds.
- Absence d'entretien d'avaloirs et les fossés le long des routes.
- Absence d'endiguement des Oueds notamment dans les zones urbanisées.
- Lâchers effectués à partir du barrage pour préserver l'ouvrage.

PREVISION

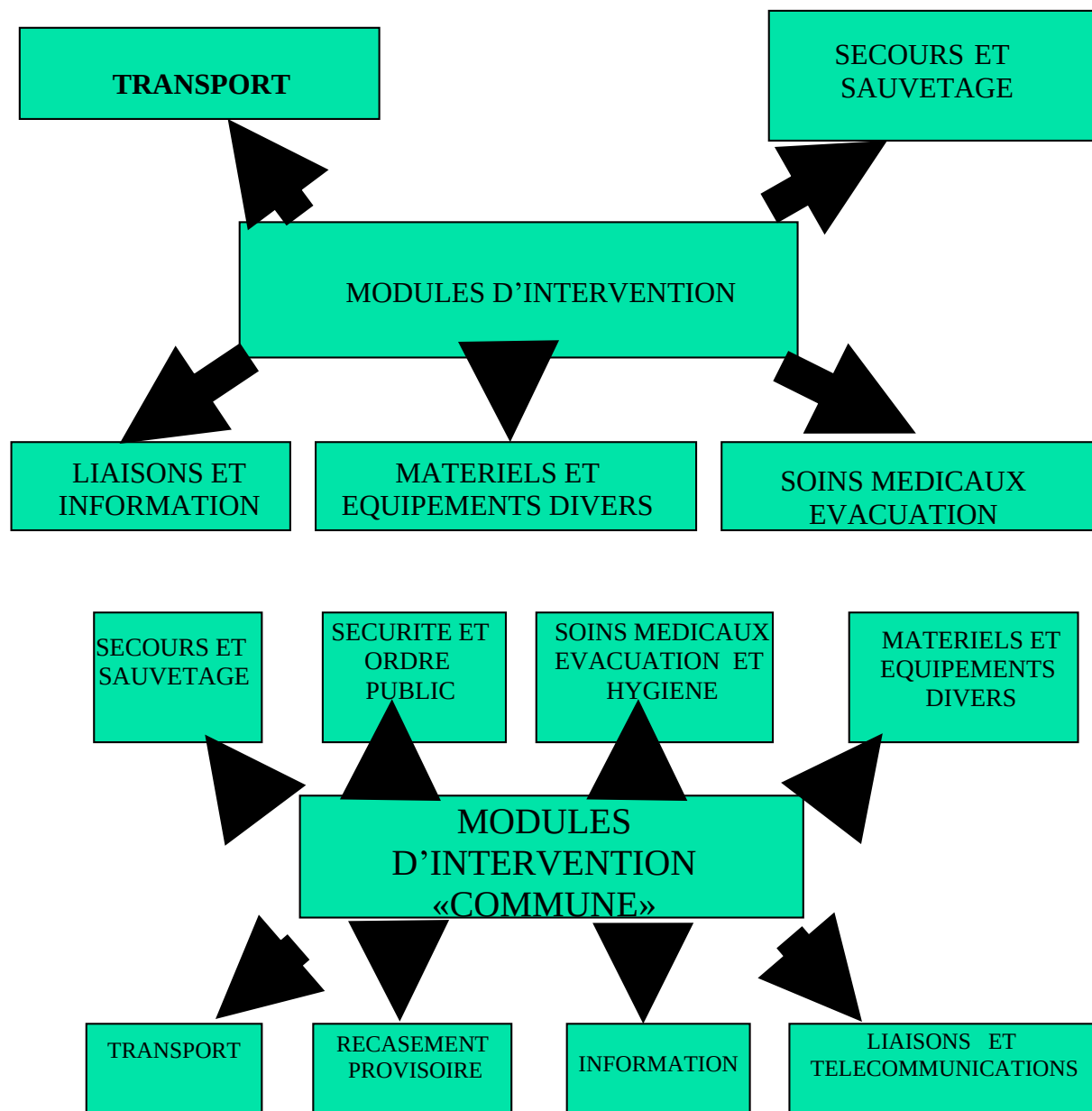
SYSTEME DE VEILLE

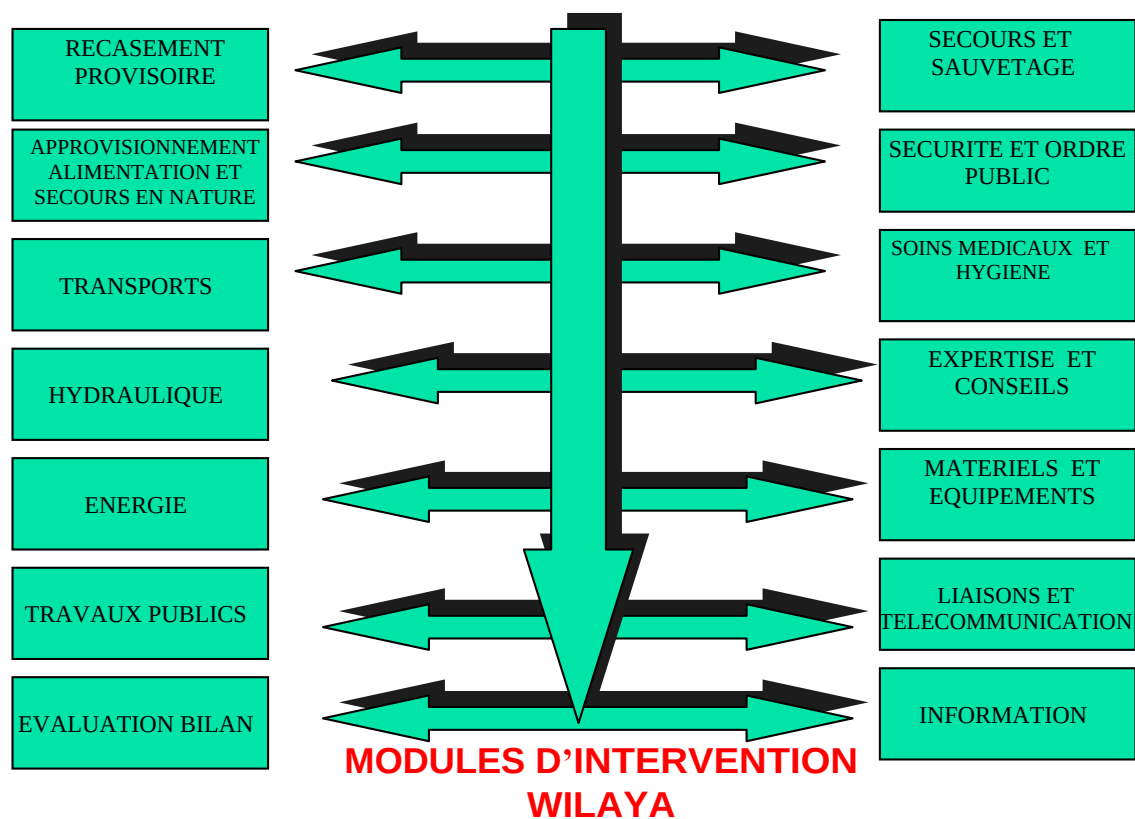
_O.N.M (Office National de Météorologie)

A.N.R.H (Agence Nationale de Ressources Hydriques)

- L'installation du système de surveillance des cours d'eau.
- Information de la population dans les zones inondées
(haut parleurs, radio locale etc..).
- Prévoir des aires d'évacuation selon la cartographie des risques

pour les zones inondées.





- Préparation de la population menacée à l'évacuation



PREVENTION

- Réduire les efforts d'eau vers l'aval par une politique d'aménagement des sols et reboisement.
- Faciliter l'écoulement des eaux en supprimant les obstacles qui provoquent le débordement et stagnation des eaux
- Réaliser des retenues collinaires pour la récupération d'une parties des ces eaux.
- Protection des lits des Oueds par l'interdiction des décharges, extraction des matériaux etc...
- Réalisation de digues de protection.
- Nettoyage régulier des avaloirs et curage des Oueds et de fossés le long des routes.
- L'interdiction d'aménagement de nouvelles constructions dans les zones les plus exposées, les mesures restrictives doivent être reprises dans les plans d'occupation des sols (P.O.S).

RISQUES MAJEURS LIES A L'EAU

BAHLOULI Larbi *

*Ingénieur en chef hydrologue Chef de Service Etudes et
Prévisions Hydrologiques au MRE

RESUME

Les Risques liés à l'eau, comme les inondations, la sécheresse, l'érosion et les différents types de pollution sont considérés dans une approche intégrée de la gestion et des politiques de l'eau.

Ainsi, la sécurité de chacun est en jeu. Une des manières de réduire le risque est le renforcement des capacités à contrôler et prévoir ces phénomènes.

Des infrastructures et des systèmes d'alerte et de prévision permettent d'anticiper de manière appropriée sur les événements extrêmes et la mise en place de nouvelles stratégies de planification intégrant la variabilité spatio-temporelle des phénomènes naturels.

- Impact des risques liés à l'eau en Algérie, présentation des caractéristiques du phénomène d'inondation en Algérie.
- Etude de cas de Bab El Oued
- Présentation du risque dans la wilaya de Batna
- Recommandations

INTRODUCTION

Les risques liés à l'eau, comme les inondations, les sécheresses, l'érosion et différents types de pollution sont considérés dans une approche intégrée de la gestion et des politiques de l'eau. Ainsi, la sécurité de chacun est en jeu. Une des manières de réduire le risque est le renforcement des capacités à contrôler et prévoir ces phénomènes.

Des infrastructures et des systèmes d'alertes et de prévisions permettent d'anticiper de manière appropriée sur les événements extrêmes et la mise en place de nouvelles stratégies de planification permettant d'intégrer la variabilité Spatio-temporelle des phénomènes naturels.

Les principaux risques liés à l'eau sont :

- Les sécheresses et la désertification.
- Les inondations.
- L'érosion.

- Les pollutions et les maladies à transmissions hydriques

1- LES SECHERESSES

Une baisse pluviométrique graduelle et persistante à partir de 1974 a été enregistrée sur tout le territoire. L'Algérie a connu durant les 25 dernières années, une période de sécheresse intense et persistante, caractérisée par un déficit pluviométrique important, évalué à près de 30%, sur l'ensemble du pays, Cette sécheresse a eu un impact négatif sur la ressource superficielle et souterraine c'est à dire sur:

- ☐ Régimes d'écoulement des cours d'eau,
- ☐ Niveau de remplissage des réservoirs de barrages.
- ☐ Alimentation des nappes souterraines.

•Impact sur la ressource

- ☐ Baisse de 40% à 50% des débits d'oued.
- ☐ Impact important sur les volumes régularisations des barrages (exemple : BENI Bahdel plus de 50% de déficit)

• Impact sur les eaux souterraines

- ☐ Baisse généralisée du niveau statique :

En exemple la plaine de Mitidja une baisse allant jusqu'à plus de 30 m dans les zones de l'Arbaa et de Blida

- ☐ Baisse de rendement des forages (jusqu'à 50 %).
- ☐ Intrusion d'eau salée.
- ☐ Surexploitation des nappes

2- EROSION

On enregistre plus de 45% des zones telliennes (12 Millions d'ha) et plus de 85% des surfaces cultivables (6 Millions d'ha) qui sont touchées.

Cette érosion est due essentiellement aux incendies, aux pluies torrentielles, aux surpâturages et la lithologie parfois fragile.

On note également que :

- l'érosion spécifique est de l'ordre de 2000t/km²/an pour les Bassins Versants Telliens.
- les sédiments rejetés en mer sont de l'ordre de 120 millions de tonnes/an.
- La capacité des barrages est réduite parfois de 50% à cause du transport solide.
- Chute importante de la fertilité des sols.

3- POLLUTION ET VULNERABILITE DES NAPPES

- Les systèmes aquifères, notamment ceux à nappes libres subissent des atteintes graves de leur qualité.
- Le phénomène est d'autant plus alarmant pour les systèmes aquifères situés à proximité des centres urbains et vers lesquels affluent naturellement les rejets de ces derniers.
- L'insuffisance ou, l'absence de stations d'épuration à l'exutoire de ces centres et des zones d'activités industrielles permet d'appréhender l'ampleur de la catastrophe qui menace les ressources en eau souterraine.
 - Cette vulnérabilité des aquifères à la pollution résulte d'une combinaison de plusieurs facteurs: hydrogéologiques, réaction aquifère contaminant et sources de contamination dans une région donnée.
- Les maladies à transmissions hydriques coûtent l'état des budgets colossaux chaque année en plus des dégâts humains enregistrés.

4- INONDATIONS

Les inondations figurent parmi les catastrophes naturelles des plus fréquentes et des plus dévastatrices en Algérie.

Touchant plusieurs régions atteignant parfois l'ampleur d'une catastrophe nationale telles que :

Les inondations de l'automne 1969 en Algérie et en Tunisie, les inondations catastrophiques de Mars 1973 sur l'Est Algérien, les inondations de Mars 1974 des bassins

versants de l'Algérois et du Sebaou, les inondations de Décembre 1984 sur tout l'Est Algérien ou celles du 9 et 10 novembre 2001 sur la cote Algéroise.

Il n'existe pas de régions prémunies contre ce risque, ces événements sont imprévisibles dans le temps et dans l'espace et elle constitue une contrainte majeure pour le développement économique et sociale.

Types d'inondations en Algérie :

A Celles qui sont liées à des situations météorologiques remarquables se traduisant par une forte pluviosité (pluies importantes, orages violents) tels que :

- les inondations de décembre 1957 et mars 1974 sur les bassins de l'Algérois et le Sebaou.
- Les inondations catastrophiques de Mars 73 tout l'Est Algérien.
- les inondations de l'automne 1969 en Algérie et en tunisie.
- Les inondations de Décembre 1984 sur tout l'Est Algérien etc.....

B Celles liées à l'activité humaine :

- (Défaillances des différents réseaux, gonflement des oueds par les décombres, l'urbanisation anarchique des rives immédiates des cours d'eau etc.....)
- Telles que :
- les inondations presque à chaque hiver de la ville de Tiaret
- les inondations de la plaine du M'Zab etc.....

C Les inondations produites dans des régions présentant un environnement topographique défavorable telles que :

- les villes traversées par des oueds (BBA, Oued Rhiau, Sidi Belabbes)
- les villes situées au piémont de montagne (Ain Defla, Batna, Médéa)
- Cette prédisposition associée à la forte concentration et l'effet d'urbanisation présente de grands risques

D Inondations selon le type de crue (selon sa durée, son étendue et ses caractéristiques.

- Inondations engendrées par des crues torrentielles (crues éclaires) et affectant le plus souvent les petits bassins, elles sont le plus souvent liées et localement intensives issues de phénomènes de convections sous forme de tempêtes orageuses se produisant généralement en automne ou en été.
- Elles sont dangereuses en raison de leur soudaineté .Leurs ruissellements rapides et violents peuvent intervenir quelques minutes après la pluie, les débits d'oueds

peuvent passer en temps record de quelques m³/s à plusieurs milliers de m³/s (2 à 3h seulement) telles que

- inondation de la ville de Oued Rhiou le 20 octobre 1993 ou en 20 mn on a enregistré : 23 morts ,20 blessés et plusieurs disparus en plus des dégâts matériels importants
- Inondations des grands bassins versants, elles résultent le plus souvent de précipitations importantes généralisées sur de grandes étendues et caractérisées par leur longue durée et la quantité de leur écoulement.
- Telles que les inondations du 28 au 31 mars 1974 dans la wilaya d'Alger et Tizi-Ouzou (688mm en 4jours ou on a enregistré à Tizi-Ouzou (52 morts ,4570maisons détruites ,130 villages isolés, 18000 sinistrés et des dégâts matériels estimés à 27Millions de DA.

CAS DES INONDATIONS DE BAB EL OUED

Date : 09 et 10 NOVEMBRE 2001

Événement pluviométrique important à caractère orageux avec un noyau centré sur la région de Bouzaréah

- Caractère exceptionnel de par la quantité de pluie précipitée, les intensités élevées et répétées et les crues brusques et brutales.

- Pluviométrie enregistrée :-Poste du port d'Alger 207mm en 24h: 98mm le 09 novembre. de 18h au lendemain à 6h et 109mm le 10 novembre à 18 h.

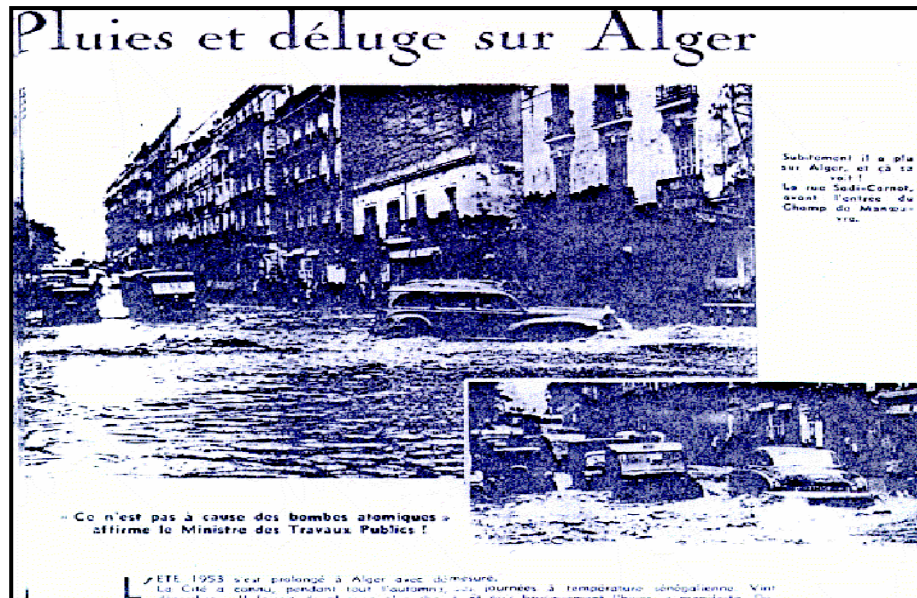
- poste ANRH Birmandreis ,le 09 novembre de 09H30 (début de la pluie) au 10nov à 13h30 est de 174mm.,Le total du 9 au 11nov est de 190mm.

Il faudrait aussi signaler que cet épisode pluvieux n'a pas été aussi significatif dans la banlieue sud d'Alger où les pluies ont été assez faibles.

-A Baraki, seuls 33 mm ont été enregistrés. Aux stations des barrages du Hamiz et de Keddara, la pluviométrie n'a été respectivement que de 23 mm et 26 mm..

• HISTORIQUE

il est à remarquer que des pluies exceptionnelles ont été observées auparavant à Alger. Nous citons, à titre d'exemple, la pluie diluvienne qui s'est abattue sur Alger en 1953 (comme rapporté par la revue municipale d'Alger de l'époque).



Il est à noter que bien avant cette date, entre 1935 et 1940 l'administration de la ville d'Alger faisait déjà face à ce problème (ex: événement du 9 novembre 1937).

• **Le bassin versant de l'oued Koriche :**

L'oued Koriche qui prend sa source sur le flanc Sud Est du mont de Bouzaréah à une altitude de 395 m sous l'appellation de oued Ben Lezzehai draine un bassin de superficie de 10 Km². Le Thalweg principal a une longueur de 7 Km.

Le réseau hydrographique est constitué de 4 oueds, affluents de l'oued Koriche plus ou moins importants qui draine les sous bassins de rive gauche

CONSTATS

- L'urbanisation et les constructions sur le lit de l'oued et sur ses versants ne permettent plus de le différencier le bassin en tant qu'entité naturelle, drainant un ruissellement hiérarchisé. Le versant de rive droite est presque totalement urbanisé et construit (carte du bassin versant).
- Les constructions occupent toute la partie Est du bassin versant, ce qui favorise des ruissellements torrentiels et rapides sur les chaussées imperméables. La partie Ouest du bassin versant subit elle aussi les effets d'une urbanisation accélérée par une progression des constructions qui viennent se fixer sur les versants de l'oued Frais Vallon, de l'oued du Beau Fraisier, de l'oued Scotto et l'oued Sidi Medjbar.
- La pente des versants est accentuée et atteint par endroit 45°. Des glissements de terrain sur les flancs de versants surviennent du fait de l'absence de végétation. Le constat montre que tout le long de l'autoroute du Frais Vallon jusqu'à El Kettani, il

s'est déposé de très grandes quantités de terre que la dynamique érosive n'aurait pu à elle seule fournir en un temps aussi court.

- D'autre part, les lits d'oued et versants ont servi de zone de dépôts pour les remblais dégagés par différentes constructions lors des travaux effectués. Ces dépôts étaient en situation d'attente d'être charriés par des écoulements de surface.

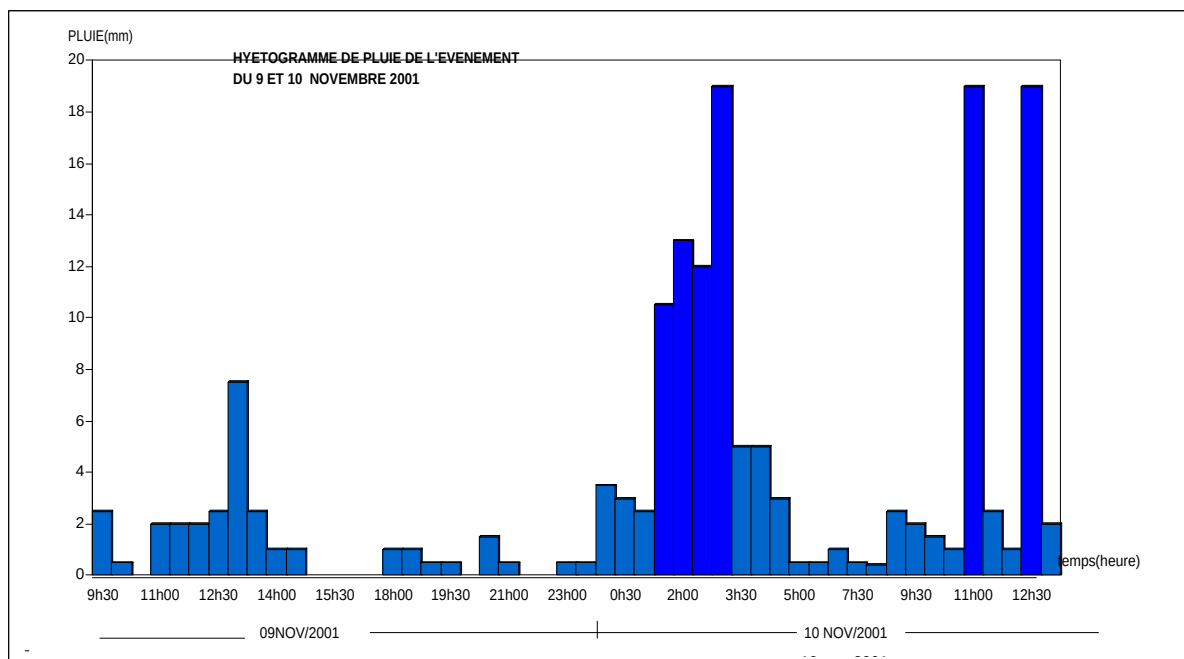
PLUVIOMETRIE

Période de retour de l'épisode pluvieux

L'examen de la série de données pluviométriques enregistrées à la station de Bir Mourad Raïs et à la station de Bouzaréah révèle que des quantités de pluies aussi importantes ont été observées auparavant :

Bir-Mourad-Raïs:

- Année 1953/54 : PJ = 135,2 mm le 02/02/1954
- Année 1957/58 : PJ = 108,3 mm le 09/10/1957
- Année 1964/65 : PJ = 104,5 mm le 08/11/1964
- Année 1969/70 : PJ = 106,5 mm le 27/12/1969
- Année 1973/74 : PJ = 94,6 mm le 29/03/1974
- Année 1984/85 : PJ = 115,0 mm le 09/10/1984
- Année 2001/02 : PJ = 145,0 mm le 10/11/2001

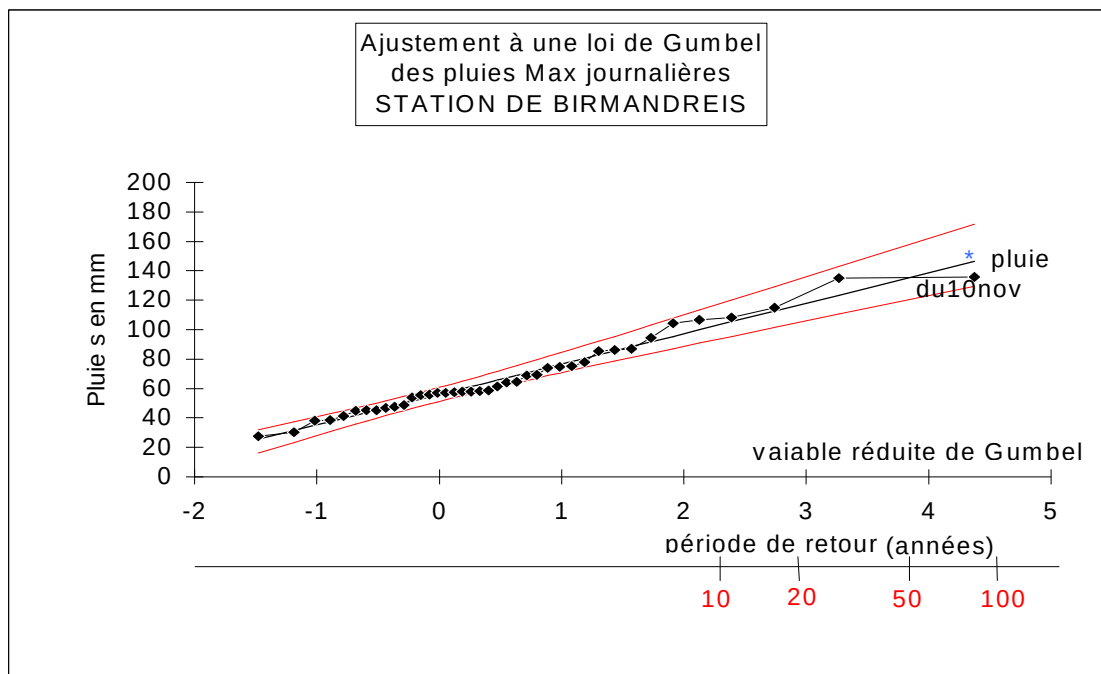


Bouzaréah :

- année 1911/12 : PJ = 134,0 mm le 31/10/1911
- année 1934/35 : PJ = 101,4 mm le 21/09/1934
- année 1935/36 : PJ = 129,4 mm le 11/11/1935
- année 1936/37 : PJ = 100,5 mm le 09/12/1936
- année 1953/54 : PJ = 114,5 mm le 08/04/1954
- année 1964/65 : PJ = 108,3 mm le 08/11/1964

Pluie mensuelle

Le total pluviométrique du mois de Novembre est de 202,3 mm pour une moyenne mensuelle interannuelle de 108,6 mm. La pluviométrie enregistrée durant la première



quinzaine de ce mois est de 196,4 mm, soit un excédent de 87,8 mm. par rapport à la moyenne.

Considérant le total précipité comme valeur mensuelle du mois de Novembre, sa fréquence d'apparition équivaut à une période de retour de 10 ans

- Au niveau du poste de Bouzaréah :

Le total pluviométrique enregistré pendant cet événement est de 290 mm. La moyenne mensuelle du mois de Novembre au niveau de ce poste étant de 117,1 mm, l'excédent pluviométrique est de 173,0 mm, soit un surplus de 140% par rapport à la moyenne mensuelle.

ESTIMATION DE LA CRUE DU 10 NOVEMBRE 2001 :

Les débits maximums instantanés sont :

Site	Hauteur d'eau (m)	Section mouillée (m ²)	Pente (%)	Vitesse d'écoulement (m/s)	Débit (m ³ /s)
Passerelle – Scotto	2,2	37	0,05	3,87	143
Triolet	2,45	113	0,036	6,47	730

- **Selon les témoignages concordants, il ressort que la durée de la crue**
- **au niveau de la passerelle Scotto a été de 1h 45 mn.**
- **Volumes écoulés :**
- **Au niveau de Scotto : Le niveau d'eau maximum mesuré d'après les laisses de crues**
est de 2,20 m, ce qui donne un débit maximum de 143 m³/s et un apport de 451.000 m³
- **Au niveau de Triolet la crue a duré 2h.**
- **A ce niveau, toutes les eaux se sont accumulées et ont donné de très forts débits.**
- **Le niveau d'eau maximum mesuré (laisse de crue) est de 2,45 m, ce qui donne un débit de crue max 730 m³/s et un apport total 2.600.000m³**

L'estimation empirique des sédiments charriés a donné un volume de 800.000 m³



Estimation à l'aide du modèle NAM (modèle du système hydrologique européen) :

L'utilisation du modèle NAM (module du système hydrologique européen) a donné les résultats suivants :

Pour un coefficient de ruissellement de **0.85** le débit de pointe de la crue est de **745m³/s** pour un écoulement de **1750000m³** (graphe2).

Ces résultats nous confortent dans notre première approche des débits max et des écoulements estimés.

CONCLUSION :

La forte concentration pluviométrique sur Bouzaréah et l'ampleur des intensités ont généré des écoulements importants au niveau des cours d'eau.

Cet événement pluvieux reste exceptionnel tant par la quantité de pluie enregistrée que par les dégâts humains et matériels occasionnés.

Les effets engendrés ont été accentués par le fait de la dégradation du couvert végétal, l'importance de l'urbanisation et l'accumulation sur les versants de remblais de terre qui ont constitué des coulées de boues et un réseau pluviale non dimensionné pour une crue centennale.

L'évacuation des eaux par le réseau pluvial n'a pas été efficace du faite de l'urbanisation et de l'obstruction de son cheminement par les transports solides.

Recommandations :

Sachant que le risque est un croisement entre la vulnérabilité et l'aléa ,l'intervention humaine doit être axé sur la réduction de cette vulnérabilité qui est lié exclusivement à l'occupation du sol et sa tolérance aux inondations en diminuant les facteurs favorisant :

- la déforestation intensive.
- L'urbanisation intensive et incontrôlée.
- L'occupation des rives immédiates des cours d'eau.
- Défaillance des réseaux de collecte des eaux pluviales.
- Défaut d'entretien des lits d'oueds.

La connaissance de l'aléa c'est à dire la probabilité d'occurrence, la période de retour, la hauteur, la durée de submersion, la vitesse de l'écoulement et la torrencialité des cours d'eau est facteur important dans la prévision, l'information préventive et la gestion de ces risques et la mise en place de scénarios de secours pour les catastrophes.

DEUXIEME SEANCE :
« PREVISION – PROTECTION »

التعمير غير المراقب و الوقاية من الأخطار الطبيعية المتعلقة بالمياه

L'URBANISME NON CONTROLE ET LUTTE CONTRE LES RISQUES NATURELS LIES A L'EAU

DJEGHAR Aida*

* département des sciences de la terre,
Université de Constantine djeghara@yahoo.fr

RESUME :

Ce qui caractérise la situation urbaine en Algérie depuis deux décennies, c'est la croissance urbaine accélérée des villes due à plusieurs facteurs notamment la poussée démographique, les extensions urbaines légales et illégales, ainsi que l'exode rural qui a influencé l'organisation spatiale de façon directe et qui a causé des pressions sur le parc du logement tout en créant des zones marginales d'extension illégale.

La prolifération des noyaux d'habitants insalubres tout au long des parties marginales sensibles des oueds- a amplifié la gravité de la situation, chose qui a poussé l'Etat à réagir dans le domaine de l'urbanisme et du logement.

L'instauration d'une politique urbaine bien balisée pour cerner les nouvelles extensions, pour exécuter les programmes du logement, s'est avérée nécessaire et ce dans l'objectif d'absorber la demande du logement d'un côté et de résorber l'habitat précaire à travers les zones insalubres entre autres celles situées dans les terrains inondables et instables.

La prise en charge de ce phénomène s'est concrétisée sous forme de formules diverses d'aménagement et d'application des lois selon des orientations et outils techniques réglementaires (des plans directeurs d'aménagement et d'urbanisme, les plans d'occupation des sols (P. O. S).

L'objectif de cette communication est d'aborder le phénomène d'urbanisme non contrôlé dans les zones à risques naturels et de montrer le rôle des outils réglementaires et techniques pour l'amélioration du cadre de vie.

حققت المدن الجزائرية نموًا عمرانيًا متسارعًا خلال 20 سنة الماضية نتيجة الزيادة السكانية، النزوح الريفي والتوسعات الحضرية الشرعية و المخالفة. فكان الأثر مباشرًا على الهيكلة المجالية للمدن و التنظيم الاجتماعي و الاقتصادي لها وتسببت في العديد من المشاكل منها زيادة الضغط على الحظيرة السكنية و نشوء مناطق هامشية للتوسع العشوائي و قد زاد من الوضع تعقيدا هو تكاثر الأنوية الفوضوية للسكن غير اللائق على طول ضفاف الأودية و أجزاءها الحساسة.

فكان رد فعل الدولة في سنوات التسعينات في مجال التعمير و البناء، وضع سياسة حضرية لضبط التوسع الحضري و تنفيذ مخططات و البرامج السكنية لامتصاص الطلب على السكن من جهة و القضاء على السكن غير اللائق في المناطق الخطيرة المهددة بالانزلاق و الفيضان وفق صيغ تهيئة مختلفة و صدور تشريعات توجيهية و تنظيمية مست التهيئة و التعمير تدعم تدخل الجماعات المحلية في التحكم في المجال الحضري.

نهدف في هذه المداخلة إلى التطرق إلى التعمير العشوائي في المناطق المتعرضة لأخطار الفيضان و الانزلاق و بعض و الوسائل القانونية و التقنية لمحاربة انتشار الظاهرة.

المفاهيم الأساسية: التعمير العشوائي - الأخطار الطبيعية - الحماية - الفيضانات - القوانين - أنظمة المعلومات الجغرافية

مقدمة

شهدت المدن الجزائرية نمواً عمرانياً متسارعاً خلال 20 سنة الماضية نتيجة الزيادة السكانية، النزوح الريفي والتوسعات الحضرية الشرعية و المخالفة. فكان الأثر مباشراً على الهيكلة المجالية للمدن و التنظيم الاجتماعي و الاقتصادي لها وتسببت في العديد من المشاكل منها زيادة الضغط على الحظيرة السكنية بعجز قدر بـ 1.200.000 مسكن¹ و نشوء مناطق هامشية للتوسع العشوائي بـ 400.000 مسكن فوضوي منه 20.000 قصديري². زاد من الوضع تعقيداً، تكاثر الأنوية الفوضوية للسكن غير اللائق على طول ضفاف الأودية و أجزاءها الحساسة غير القابلة للتعمير.

فكان رد فعل الدولة سنوات التسعينات في مجال التعمير و السكن، وضع سياسة حضرية لضبط التوسع الحضري و تنفيذ مخططات و البرامج السكنية لامتناس الطلب على السكن من جهة و القضاء على السكن غير اللائق في المناطق الخطيرة المهددة بالانزلاق و الفيضان وفق صيغ تهئية مختلفة و صدور تشريعات توجيهية و تنظيمية مست التهيئة و التعمير تدعم تدخل الجماعات المحلية للتحكم في المجال الحضري.

1- علاقة البناء الفوضوي بالمواضع الفيضية و غير المستقرة:

تمثل الفيضانات في الجزائر من بين أبرز الكوارث الطبيعية المتكررة في السنوات الأخيرة و قد سجلت فيها العديد من الخسائر البشرية و المادية آخرها :

* فيضان قسنطينة¹ 09/30 /2001 الذي تسبب في 04 قتلى 20 مفقود 03 سيارات أغرقها السيول و إتلاف العديد من المساكن.

¹ Conseil national Economique et Social : Avis sur la stratégie nationale de l'habitat pour la période 1996 – 2000. Alger , Août 1996.

² idem

¹ - 2 - سماعلي نجوى: الفيضانات في منطقتي واد العثمانية و القرزي- الأسباب و النتائج - معهد علوم الارض-2002

* فيضان العاصمة² (السبت الأسود) 2001/11/10 الذي تسبب في 790 قتيل 4000 عائلة منكوبة، تهدم جسور و طرق و خسائر مادية و نفسية جسيمة.

خسائر هذه الكوارث تكون كبيرة خاصة بالتجمعات العمرانية أين تزيد كثافة السكان و البناء و بمناطق انتشار البناء غير المراقب على السفوح المنحدرة، ضفاف الأودية و أسرتها الفيضية، أين الطبيعة العقارية للأراضي غير واضحة، و البناء غير موافق للمواصفات التقنية و المعمارية. تشكل هذه الأراضي البديل للآزمة السكنية و العقارية بالمدن الكبرى بالنسبة للقادمين إليها للعمل و للاستقرار و تحقق للفئات ذات المدخول المحدود مايلي:

* أراضي عمومية شاغرة قد تكون ملك للدولة حيث التوضع يكون عند بدايته محتشما و بطريقة سرية ليلا بعيدا عن مراقبة الجماعات المحلية في شكل بناء قصديري.

* قطع أراضي مباعه من طرف مالكين خواص بعقود عرفية أين يختلف حجم و سعر القطعة حسب التقسيم المقترح من طرف المالك و بدون رخص و اشغال تهيئة.

* تكاليف بسيطة في البناء و التوسع بدون رخصة و بعقود عرفية يكون التوضع بمواد هشة و بسيطة ثم يتم تصليب البناية مع مرور الزمن عند الاستقرار.

التوضع يكون في شكل أنوية متفرقة و متباعدة ثم يأتي التوسع بظهور أنوية جديدة و بعدها الالتصاق في شكل لحمة.

أمام تفاقم الوضعية و تفقر المظهر الحضري و في مجال القانون العمراني جاءت بعض القوانين العامة توجيهية لعملية التعمير بالمدن و الردعية أمام البناء المخالف لقواعد التعمير و منها الخاصة بعملية التسوية البنايات الفوضوية.

2- قوانين التعمير والحماية من الفيضانات:

في مجال حماية السكان و المنشآت العمرانية بالمدن من خطر الكوارث الطبيعية المتعلقة بالفيضانات فقد كانت التشريعات في شكل تدابير جاءت في:

* قانون الولاية 09/90 المؤرخ في 1990/04/07 الذي يشير على دور المجلس الشعبي في اخذ تدابير للوقاية من الكوارث والآفات الطبيعية و يتخذ الإجراءات ضد أخطار الفيضانات و الجفاف و حماية التربة وإنجاز أشغال التهيئة و التطهير و تنقية مجاري المياه في حدودها الإقليمية.

*قانون 29/90 المتعلق بالتهيئة و التعمير حيث يحدد:

- أدوات التهيئة و التعمير في مجال تهيئة الأراضي المعنية و توقعات التعمير و شروط التهيئة و البناء للوقاية من الأخطار الطبيعية.

- دور المخطط التوجيهي للتهيئة و التعمير في: التخصص العام للأراضي.

مناطق التدخل في الأنسجة الحضرية و المناطق الواجب حمايتها

تقسيم المحيط العمراني للبلدية إلى قطاعات حضرية معمرة ، مبرمجة للتعمير وأخرى -
للتعمير المستقبلي ومناطق غير قابلة للتعمير .

دور مخطط إشغال الأراضي في:

التفصيل لكل قطاع التنظيم و حقوق البناء و استعمال الأراضي.

تحديد الإرتفاعات الطبيعية و الصناعية.

* المرسوم التنفيذي 175/91 الذي جاءت فيه القواعد العامة للتهيئة و التعمير و يحدد:

- حالات رفض منح رخصة البناء منها المتعلقة بالبناء و التهيئة في الأراضي المعرضة للأخطار الطبيعية مثل الفيضانات، الانجراف، الانزلاق ، الزلازل و الجرف و منحها بشروط خاصة تتطلبها القواعد و التنظيمات المعمول بها. - ضرورة احترام في إقامة البنايات داخل المنطقة الحضرية الإرتفاعات الموجودة و تجهيز التحصيلات و المجموعات السكنية بالشبكات التقنية و ضمان صرف المياه دون ركودها.

*المرسوم التنفيذي 177/91 و 178/91 المحددان لإجراءات و عداد مخططات التوجيهية للتهيئة و

التعمير و مخطط إشغال الأراضي وضرورة احترام:

- الإرتفاعات المطلوب الإبقاء عليها تعديلها أو إنشاؤها.

- شروط البناء داخل التراب ونوع المباني المرخص لها.
- إجراءات توقيف الأشغال و إجراءات الهدم.
- تدعيم الوثائق المكتوبة بوثائق بيانية.
- * قانون 20/01 المؤرخ في 2001/12/12 المتعلق بتهيئة الإقليم والتنمية المستدامة، يهدف إلى :

- حماية الفضاءات و المجموعات الهشة إيكولوجيا و اقتصاديا و تهيئتها.
- حماية الأقاليم و السكان من الأخطار المرتبطة بالتقلبات الطبيعية.
- كما يحدد المخطط الجهوي لتهيئة الإقليم:
- تنظيم البنية الحضرية و التطوير المنسجم في المدن.
- الأعمال التي تتطلبها الفضاءات الهشة بيئيا و إقتصاديا وسبل معالجتها.
- جاءت تدخلات الدولة في شكل توجيهات عامة و غير مدققة تاركا أمر التفاصيل إلى الدراسات الخاصة بكل إقليم جهوي أو مجال صغير، و هنا يبرز دور التهيئة العمرانية في مثل هذه الحالات مهما و صعبا في المناطق المعرضة للأخطار الطبيعية و يكون العمل أكثر صعوبة بغياب مراجع و وثائق مفصلة للمناطق المهددة بسبب غياب سياسة واضحة للوقاية من الكوارث الطبيعية و ما تتطلبه هذه العملية من ميزانية للدراسة والتحليل و إنجاز المخططات التعرض للأخطار الطبيعية التي نفيدنا بمعلومات و ضمانات موثوقة في مجال التهيئة العمرانية.

3- النموذج الفرنسي: التكفل القانوني و التقني

تطلب الوقاية من كوارث الفيضانات التكفل الجدي و المستمر لأسباب حدوث خسائر و معرفة

ميكنز مات الظاهرة، في النموذج الفرنسي فحوالي 2 مليون ساكن¹ يعيشون في مناطق معرضة للفيضانات و قد زاد تركزم فيها جهلا منهم بالخطر المحيط بهم.

تدخل الدولة و الجماعات المحلية كان باتخاذ إجراءات قانونية و تقنية² منها:

القانونية: بإصدار مجموعة قوانين منها:

* قانون 13 جويلية 1982 الخاص بوضع نظام تعويضات للكوارث الطبيعية .

* منشور 24 جانفي 1994 المتعلق بالوقاية من الفيضانات و تسيير المناطق الفيضية.

* المنشور 2 فيفري 1994 حول رسم الخرائط في المناطق الفيضية .

* قانون 22 جويلية 1987 المعدل بقانون 02 فيفري 1995 المتعلق بوضع مخططات الوقاية من

الكوارث .

* قانون 24 أفريل 1996 المحدد لإجراءات التطبيقية و الأشغال القائمة بالمناطق الفيضية.

التقنية: اتخذت إجراءات منها:

* البناء العمودي بارتفاعات عالية حالة مدينتي Angers et Saintes .

* تحويل مراكز مدن حالة Castera-Verduzan منها 15 متجر و 25 بناية¹.

* بناء سدود حيث حوالي 500 كم من ضفة La Loire تحمي 1/2 سكان

Tours, Orléans et Amboise بواسطة السدود².

* تصريف مياه الأمطار و التقليل السيول بالمدن وفقا للعمليات المسجلة في المخطط المحلي للتعمير.

* إعادة تهيئة وهيكلة الأودية وضافها.

¹ – Isabelle NADEAU : Inondations, les bénéfices de la prévention . Environnement Magazine .n° 1602 .

Novembre 2001.pp25-26

² idem

¹ Isabelle NADEAU . op.cit

² idem

* إعداد دراسات للوقاية من الكوارث من خلال مخطط الوقاية من خطر الفيضانات وتقليل التعمير في المناطق غير القابلة لذلك ابتداء من مرجع حالة غمر قصوى أو انطلاقا من الفيضانات التاريخية، و تعديل المخططات المحلية للتعمير لمنع التعمير بها و حماية المباني القائمة.

* اقتراحات استبدال الملكيات الخاصة في المناطق الفيضية بأخرى قابلة للتعمير.

4-اقتراحات حول سياسة التكفل بظاهرة الفيضانات في الجزائر: تتطلب هذه الإجراءات استثمارات كبيرة للدولة و القدرة المحلية على أخذ القرارات هذه الإجراءات من شأنها التقليل من حجم الكوارث وحماية السكان من الخطر المفاجئ لوقاية من الكوارث الطبيعية عملية صعبة و معقدة تتطلب الإلمام

بـ:

- القرار السياسي في معالجتها.

- الموارد المالية و الاستثمار المحلي و الأجنبي.

- المعلومات العلمية و الجغرافية لكل منطقة.

- التسيير والمتابعة للأشغال و الترقب للظاهرة.

التكفل الحقيقي يكون بـ:

-تغطية شاملة لتراب المناطق بخراط الأخطار الطبيعية (الفيضان، الانزلاق، الزلازل...) وتوضع المنشآت العمرانية .

- توفير المعلومات الجغرافية حول المناطق المعرضة للفيضان (الطبغرافية، الجيولوجيا

الهيدرولوجية...) و نوعية الاستغلال القائم للأراضي لإنجاز المخططات الوقائية من الكوارث الطبيعية.

- إعداد أنظمة المعلومات الجغرافية الخاصة بالفيضانات:

- لأنها تسمح بإنجاز قاعدة معلومات رقمية و جغرافية للمناطق المعنية بالفيضان، تسمح بتنظيمها،

بالتحليل و تساعد على مراقبة الظاهرة و تطورها بالنسبة للزمن، إعلان حالات الإنذار، تسيير وسائل

التدخل في حالة الأزمة وتقييم الخسائر.

كما تساعد الجماعات المحلية في تسيير المجال الحضري التحكم في التعمير تبرير الاختياراتالمتخذة.

BIBLIOGRAPHIE

- بن عبد السلام ندى، الأخطار الطبيعية المرتبطة بالإنزلاقات الأرضية، حالة بوالصوف، مذكرة تخرج معهد علوم الأرض، 1999 .
- بوقبس نذيرة، زيتوني نوال، تهيئة و تنظيم الأحياء الفوضوية للضفة اليمنى لواد الرمال وبومرزوق، مذكرة تخرج معهد علوم الأرض، 2000 .
- سماعيل نجوى، بلعور كريمة، بن عياش اسماء، الفيضانات في منطقتي واد العثمانية و القرزي، أسباب و نتائج، مذكرة تخرج معهد علوم الأرض، 2002

- Isabelle NADEAU: Enquête : Inondations : les bénéfices de la prévention. Environnement Magazine n°1602 Novembre 2001. Paris.
- La Houille Blanche – Revue Internationale de l'Eau : Eau et Environnement, Mécanique des fluides et applications n° 3/4 ,2000.Paris
- Préventions et atténuations des catastrophes : le point des connaissances actuelles. Volume 4 : Aspects Météorologiques, Nations Unies. New York 1979.

**IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DU RISQUE
D'INONDATION,
LE CAS DE LA VILLE DE CONSTANTINE ET D'UNE SECTION
DE L'OUED BOUMERZOUG**

ZEBIRI Abdelhamid *

* Faculté des Sciences de la Terre, de la Géographie et
de l'Aménagement du Territoire Université Mentouri Constantine
zebiriabdelhamid@yahoo.fr

RESUME

Les récentes catastrophes d'Alger du 10 novembre 2001, de Constantine d'avril 2001 et d'août 2002, ainsi que les dernières crues et inondations de février - mars 2003, et plus récemment du 13, 14 et 15 novembre 2004, imposent une révision profonde des méthodes de prise en compte du risque d'inondation.

La description des effets morphodynamiques des inondations, permet d'analyser la succession des processus hydrologiques sur les versants, dans les talwegs, puis dans l'Oued Boumerzoug en zone périurbaine de la ville de Constantine.

Dans ce milieu naturellement fragile, l'ampleur des phénomènes météorologiques (violentes averses), a été renforcée par les modalités actuelles de l'occupation des sols et de gestion des lits de l'Oued (urbanisation anarchique).

Les données historiques et, plus largement, l'héritage sédimentaire et géomorphologique des dépôts alluviaux montrent cependant que ces inondations s'inscrivent dans un système de crues méditerranéennes récurrentes.

Le cas de la ville de Constantine et d'une section de son Oued le Boumerzoug, permet une approche de l'évaluation du risque d'inondation d'après une méthodologie basée sur une démarche plus large ouverte en particulier aux sciences de l'observation. Il s'agit de l'emploi d'une cartographie hydromorphologique réalisée sur le terrain (identification de l'occurrence spatiale ainsi que des enjeux socio-économiques) et par l'utilisation de la photo aérienne à différentes échelles (caractérisation et interprétation de l'aléa et de la vulnérabilité).

Ainsi, après une crue dont les données pluviométriques et hydrométriques sont inexistantes, la démarche géomorphologique permet de retracer l'extension spatiale de la crue,

en utilisant des témoins topographiques, sédimentologiques, végétaux ainsi que l'occupation des sols.

L'objectif de cette étude est d'arriver à cerner et expliquer les causes (naturelles et anthropiques) de ce type de catastrophes afin d'atténuer leurs effets néfastes et réduire les incidences négatives de ces dangers ; ceci grâce à une cartographie des unités hydromorphologiques et des zones exposées au risque d'inondation, d'une manière la plus fiable possible (le but est la prévention et anticipation afin de réduire la vulnérabilité).

Mots-clefs : Inondation, crue, méthodologie, effets morphodynamiques, averses, cartographie, risque, occurrence spatiale, unités hydromorphologiques, aléa, vulnérabilité, zones exposées, enjeux.

INTRODUCTION

L'étude présentée à travers le cas de la ville de Constantine et une section de l'Oued Boumerzoug, s'intéresse aux quartiers du Bardo à l'entrée des gorges de Constantine, et à Chaabet Erssas au Sud de la ville sur le Boumerzoug. L'existence de ces quartiers périphériques, densément peuplés, est en relation avec l'extension de la ville à différentes époques de son histoire.

1- Les facteurs des inondations à Constantine

1-1- Les caractéristiques du site de Constantine

La ville de Constantine s'est édifiée sur un Rocher, situé à la confluence de deux Oueds : Le Boumerzoug au Sud et le Rhummel à l'Ouest. Cette situation de confluence a favorisé le creusement de gorges de plus de cent cinquante mètres de profondeur, inscrites dans les séries carbonatées crétacées du Rocher. De part et d'autre de ce canyon, l'extension de la ville s'est faite sur le plateau du Coudiat Aty à l'Ouest, formé de conglomérats et sables rouges du Miocène continental et sur le plateau du Mansourah à l'Est, formé par des séries travertineuses.

Les extensions récentes de la ville ont progressivement occupé les versants de ces plateaux, provoquant des instabilités plus ou moins généralisées (glissements de terrain), et récemment les fonds de vallées exposées à des risques naturels de type inondation.

1-2- Analyse des composantes influençant les modalités de l'écoulement : Les caractéristiques physico géographiques

En effet, celles-ci agissent de façon prioritaire sur les débits du Boumerzoug. Les éléments du bassin versant tels que le réseau hydrographique, les caractères morphométriques et morphologiques, l'hydrogéologie, la répartition des zones de

perméabilité, l'occupation des sols et l'anthropisation (urbanisation), jouent un rôle important.

Il a été question dans cette partie du travail d'analyser des paramètres et indices morphométriques.

Ce tableau met en relief quelques composantes naturelles susceptibles d'identifier cette section de l'Oued Boumerzoug, sans pour autant prétendre en tirer des conclusions exhaustives.

Tableau : Caractères morphométriques.

Bassin	'A' (km ²)	'P' (km)		Alt Moy (m)	AltMin (m)	Alt Max (m)	Dd	Ddp	Ddt	'C'	'Ig' (m/ km)	Classe de relief
		Réel	Stylisé									
Boumerzoug El-Khroub	1626	180	154	880	575	1729	0,68	0,18	0,50	1,07	27,3	Assez fort

A : surface ; P : périmètre ; C : Indice de compacité ; Ig : Indice de pente globale.

Le bassin du Boumerzoug montre des caractères morphométriques assez particuliers, favorisant à priori, le ruissellement de surface. D'autant plus que les surfaces incomplètement protégées ou mal protégées ou encore nues, représentent plus de 85% des types d'occupation des sols.

Mais cette aptitude au ruissellement est fortement atténuée par d'autres paramètres physiques d'ordre géologique et en particulier lithologique.

1-3- Analyse de la variabilité des précipitations à Constantine

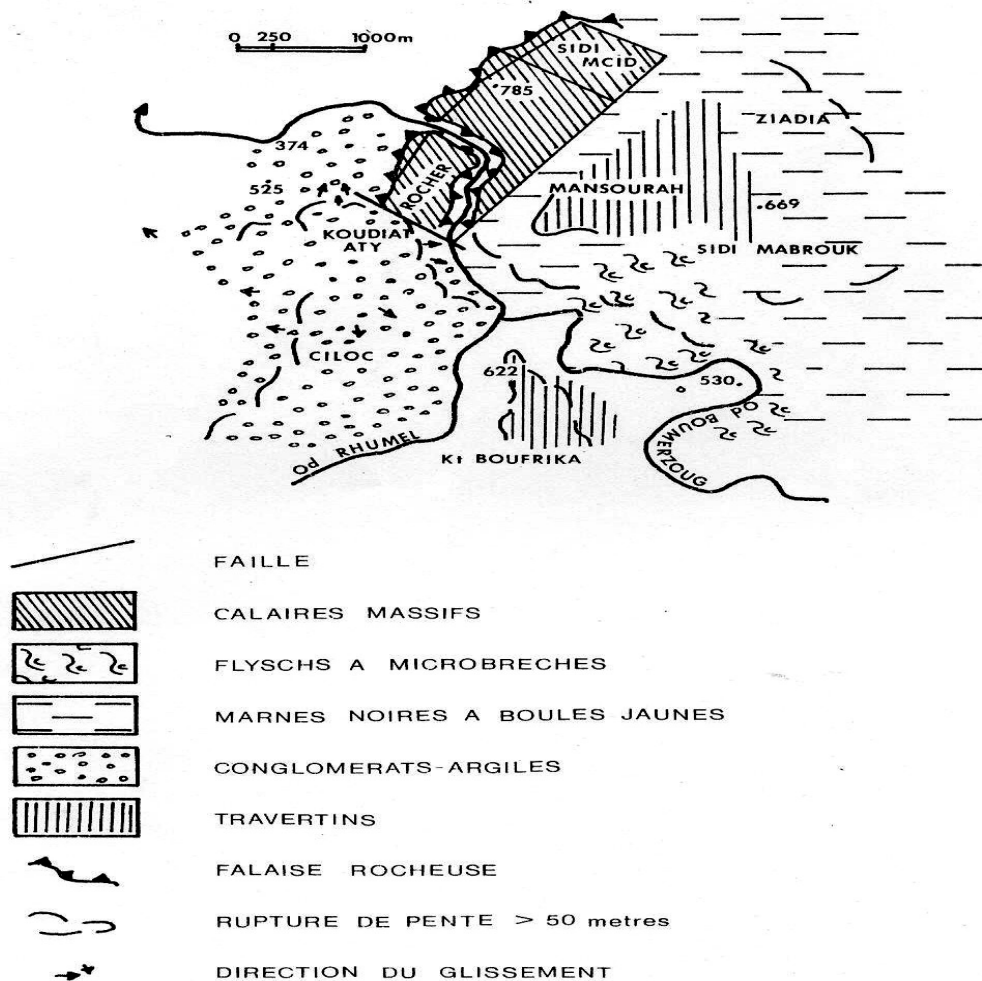
L'analyse des inondations a nécessité des données sur les pluies décisives génératrices de crues, en particulier les données horaires de ces précipitations. Or, le dépouillement des données pluviométriques à Constantine, fait apparaître des moyennes annuelles, mensuelles et journalières dans des séries discontinues et souvent lacunaires.

Il est très difficile de palier à ce manque d'informations, mais je présenterai quelques précipitations exceptionnelles à Constantine de 1938 à 1994 et j'exploiterai les données horaires relatives aux inondations de 1984/1985 et de 1994/1995.

Tableau : Précipitations des années exceptionnelles à Constantine de 1938 à 1994.

Année	1938	1952	1957	1959	1972	1976	1979	1984	1985	1994	Moyenne annuelle (70-71/90-91)
P(mm)	709.6	736.4	684.3	773.3	721.7	859.4	702.4	876.1	462.3	449.6	527.6

FIGURE : ESQUISSE GEOLOGIQUE DE CONSTANTINE ET D'UNE SECTION DE L'OUED BOUMERZOUG



Le tableau ci-dessus, montre clairement la variabilité des pluies interannuelles à Constantine. En effet, les années exceptionnelles représentent presque une fois et demie du total annuel moyen qui est de 527,6 mm. Cette variabilité est accompagnée d'une variabilité mensuelle où il est constaté l'équivalent de la moitié des précipitations annuelles concentrées en un mois. Lors des pluies exceptionnelles de 1984, le mois de Décembre, à lui seul, a enregistré 335,1 mm et durant le mois d'Octobre 1994, il a été enregistré 90,6 mm.

Tableau : Précipitations mensuelles à Constantine
(années 1984/ 1985 et 1994).

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1984	132.6	164.3	31.1	44.0	10.0	11.0	0.0	33.4	24.2	115.0	6.1	335.1	876.1 mm
1985	67.8	27.3	157.4	20.6	63.2	1.1	0.6	1.4	39.2	30.9	26.8	26.0	462.3 mm
1994	66.1	87.5	18.1	76.8	6.0	0.0	0.3	2.0	28.8	90.6	24.0	49.4	449.6 mm

La répartition journalière au cours du mois de Décembre 1984, montre une très forte concentration des pluies en deux jours (le 29 et le 30 Décembre) où il a été enregistré plus de 200 mm, tandis que du 03 au 04 Octobre 1994, il est tombé 29,6 mm.

L'intensité de ces pluies durant ces journées exceptionnelles sont illustrées par ces tableaux :

Tableau : Précipitations journalières et horaires à Constantine
(du 24 au 31 décembre 1984).

Dates	Précipitations				
	Durée en heure		Hauteur en mm et dixième		
1984	De 6h à 18h	De 0h à 24h	Du matin au soir 6h à 18h	Du soir au Lendemain De 18h à 6h	Total en 24 h
27	0.4	0.7	Traces	4.3	4.3
28	12.0	22.1	19.3	22.8	42.1
29	10.8	20.6	18.2	93.3	111.5
30	12.0	24.0	41.8	58.8	100.6
31	11.1	23.1	8.0	4.9	12.9

Du soir au lendemain matin (de 18h à 6h) du 29 Décembre 1984, et du soir au lendemain matin (de 18h à 6h) du 30 Décembre 1984, la pluie est tombée en continue soit 93,3 mm et 58,8 mm ; quant à la journée du 3 Octobre 1994, du matin au soir (de 6h à 18h) il a été enregistré 29,6 mm et sans discontinuité.

Tableau : Précipitations journalières et horaires à Constantine
(du 03 au 04 Octobre 1994).

Dates	Précipitations				
	Durée en heure		Hauteur en mm et dixième		
1994	De 6h à 18h	De 0h à 24h	Du matin au soir 6h à 18h	Du soir au Lendemain matin De 18h à 6h	Total en 24 h
3	2.0	2.1	29.5	0.1	29.6
4	0.0	0.0	-	-	-

2- Historique des inondations à Constantine

La ville de Constantine a connu des catastrophes fréquentes parmi lesquelles les inondations du 21 au 24 février 1852, du 6 novembre 1854 (Archives d'Outre- Mer, 1845-1858), du 23 novembre 1957 (Caroff, Sinthe, 1958), de Novembre Décembre 1967, de septembre 1973, du 16 avril 1979, de fin décembre 1984 et du début du mois de janvier 1985. L'inondation la plus récente date du 3 octobre 1994. Les dégâts causés par les inondations du XIX^e siècle n'ont pas été recensés avec détail. Les informations recueillies concernent les inondations à partir de 1958 :

- L'inondation subite de l'Oued Boumerzoug et l'Oued Rhummel, en amont des gorges de Constantine (Quartier du Bardo et Chaabet Erssas), du 19 Janvier 1958, entraîne la destruction du pont d'Arcole, la mort de 7 personnes, 1 disparu et 1500 familles déplacées.
- Les inondations de l'hiver 1967 ont pris un caractère de réelle gravité dont la mesure où le débit de pointe de l'Oued Rhummel enregistré le 29 Novembre 1967, a atteint 1236 m³/s, la hauteur d'eau s'élevait à 8,3 mètres au niveau de la station d'Oued Athmania (Mebarki, 1982), ce qui a provoqué des débordements considérables dans le lit majeur. L'amont de l'Oued Rhummel et Boumerzoug, connu surtout par leur zone industrielle Palma et Boumerzoug nouvellement créées, a enregistré ses premiers dégâts causés par des inondations. Ces dégâts ont affecté des dépôts de sociétés nationales et de petites unités industrielles.
- L'inondation de Septembre 1973 est le résultat d'averses exceptionnelles qui se sont succédées du 24 au 26 Septembre. Les eaux ont atteint 5 mètres à la station d'Oued Athmania et 3,6 mètres à la station de Aïn Smara (Mebarki, 1982). Sur toute la

section amont de l'Oued Rhummel jusqu'au village de Aïn Smara, l'inondation a engendré des dégâts surtout en milieu rural, les eaux ont débordé sur des parcelles de jardins et quelques maisons, récemment construites à proximité de l'Oued Boumerzoug, ont été détruites.

- Les inondations du 13 au 16 Avril 1979 ont affecté aussi bien l'Oued Boumerzoug que l'Oued Rhummel. Les dégâts enregistrés sont localisés sur la section Chaabet Erssas et le quartier du Bardo à l'entrée des gorges de Constantine.
- Les violentes pluies de l'hiver 1984/1985, concentrant 254,2 mm de pluie continue du 28 au 30 Décembre 1984 provoquèrent la montée rapide de l'Oued Boumerzoug et de l'Oued Rhummel, endommageant sérieusement les installations de la zone industrielle Boumerzoug et Palma, et provoquant l'évacuation de 250 familles du quartier du Bardo.
- La récente inondation du 3 Octobre 1994, qui a eu lieu entre 7h45 et 8h00, dans la vallée du Rhummel-Boumerzoug au point de la confluence, a emporté des constructions très récentes datant de l'été 1994 et constituant un quartier spontané. Le nombre de familles évacuées s'élève à 57 d'après les sapeurs-pompiers
- Les récentes catastrophes d'Avril 2001 et d'Août 2002, ainsi que les dernières crues et inondations de Février-Mars 2003, et plus récemment les violentes averses du 13 Novembre 2004 (89 mm en 24 heures, record inégalé depuis des années), et des précipitations qui se sont poursuivies jusqu'au 15 Novembre, ont causés des dégâts humains et matériels considérables.

3- Approche géomorphologique : cartographie des champs d'inondation

L'Oued Boumerzoug s'inscrit dans un contexte alluvial en majeure partie héritée des cycles climatiques de l'ère quaternaire. Les processus géomorphologiques ayant généré les différents lits continuent à exercer leurs effets. D'une manière générale, on distingue :

- Le lit mineur et le lit moyen.
- La plaine alluviale occupée par le lit d'inondation exceptionnelle (Lit majeur).
- De part et d'autre de l'Oued, des talus ou de petits escarpements délimitant les terrasses non inondables et les versants.

L'étude morphologique de l'Oued Boumerzoug est le résultat d'une photo-interprétation à partir de la mission de 1972/1973 à l'échelle du 1/20.000^e, de la mission de

1980 à l'échelle du 1/10.000^e et des investigations sur le terrain durant l'année 2001 et plus récemment après une crue en Février 2003.

3-1- Les unités hydromorphologiques : La morphologie des lits de l'Oued Boumerzoug

Le cours aval de l'Oued Boumerzoug se caractérise par le développement d'amples méandres à l'entrée de la ville de Constantine. L'élargissement de l'Oued, où les basses terrasses et le lit majeur prennent une grande extension, rend plus spectaculaire l'étalement de la crue dans la plaine alluviale.

La morphologie de l'Oued Boumerzoug dans cette section est caractérisée par la présence de méandres, laissant apparaître un escarpement sur la rive concave qui prend la forme d'un long versant de plusieurs dizaines de mètres à pente forte. Quant au lobe de rive convexe, il est très développé, laissant apparaître les différents lits dont les limites sont matérialisées par la présence d'un talus de l'ordre d'un mètre.

La délimitation des différents lits (lit mineur, lit moyen et lit majeur) correspond globalement à chaque classe de débit (moyen annuel, de crue moyenne et de crue exceptionnelle).

3-2- Le lit mineur : Dans les hautes plaines constantinoises, ce lit mineur contient un lit d'étiage, nettement plus étroit. Le lit mineur correspond au point le plus bas de la vallée et permet l'écoulement du débit moyen annuel hors crue.

La circulation d'eau se fait à l'intérieur d'un chenal de profondeur moyenne de 1,20 mètres et de largeur variable de 2 à 4 mètres. Les limites du lit mineur dans l'Oued Boumerzoug varient dans le temps et dans l'espace, des sections plus étroites entre deux versants à pente raide (entre 18° et 20°) et plus larges quand l'espace que couvre la plaine inondable est plus ou moins horizontale.

Le lit mineur est peu ou pas colonisé par la végétation aérienne en raison de la fréquence des écoulements des eaux. La principale rugosité est constituée par celle des alluvions du fond du lit. Le courant est relativement rapide et sa compétence élevée, ce qui permet le transport rapide de particules grossières comme les galets et blocs (70 %), qui bien souvent, sont déplacés qu'en période de crue, pour des débits légèrement inférieurs au débit à pleins bords. Le matériel est constitué de graviers et de sables plus ou moins grossiers, et représente 30 %.

3-3- Le lit moyen : est souvent séparé du lit mineur par un bourrelet de berge. Il correspond à la zone d'expansion des crues moyennes, crues fréquentes, en principe une fois par an. Au contraire du lit mineur, il se caractérise par un étalement des eaux sur une profondeur beaucoup plus faible et, généralement, par une rugosité considérable, due à la végétation (des herbacées et des buissons). La topographie est relativement complexe dans le détail, du fait de l'entrecroisement de chenaux successifs. Le lit moyen se développe sur une largeur de 8 à 15 mètres. Les formations sont essentiellement des sables, limons et argiles (70 %) et un matériel plus grossier (30 %).

Des caractéristiques morphologiques secondaires telles que des bras de décharge et des laisses de crue récentes peuvent être observés le long du lit moyen.

3-4- Le lit majeur : est le plus large, il atteint généralement les 60 mètres au niveau du lotissement Sissaoui, en amont de la zone industrielle (faire carte avec bancs sableux). Il est submergé uniquement lors des crues fortes à exceptionnelles, et portes des traces de chenaux fonctionnels durant les grandes inondations de 2001 et de 2003. A la différence des autres lits, il souvent colonisé par une formation végétale moins hygrophile (ripisylve) et couvert d'alluvions fines de débordement (limons et argiles). Il est séparé du lit moyen par un talus supérieur ou égal à 1 mètre dont la pente est orientée vers le lit moyen.

A l'intérieur du lit majeur, les traces de laisses de crues des récentes inondations, des bras de vidange et la multiplication de bancs alluviaux sont visibles. La limite externe de ce lit majeur est constituée par un raccord progressif à une terrasse alluviale caillouteuse.

4- Evaluation du risque d'inondation et ses effets

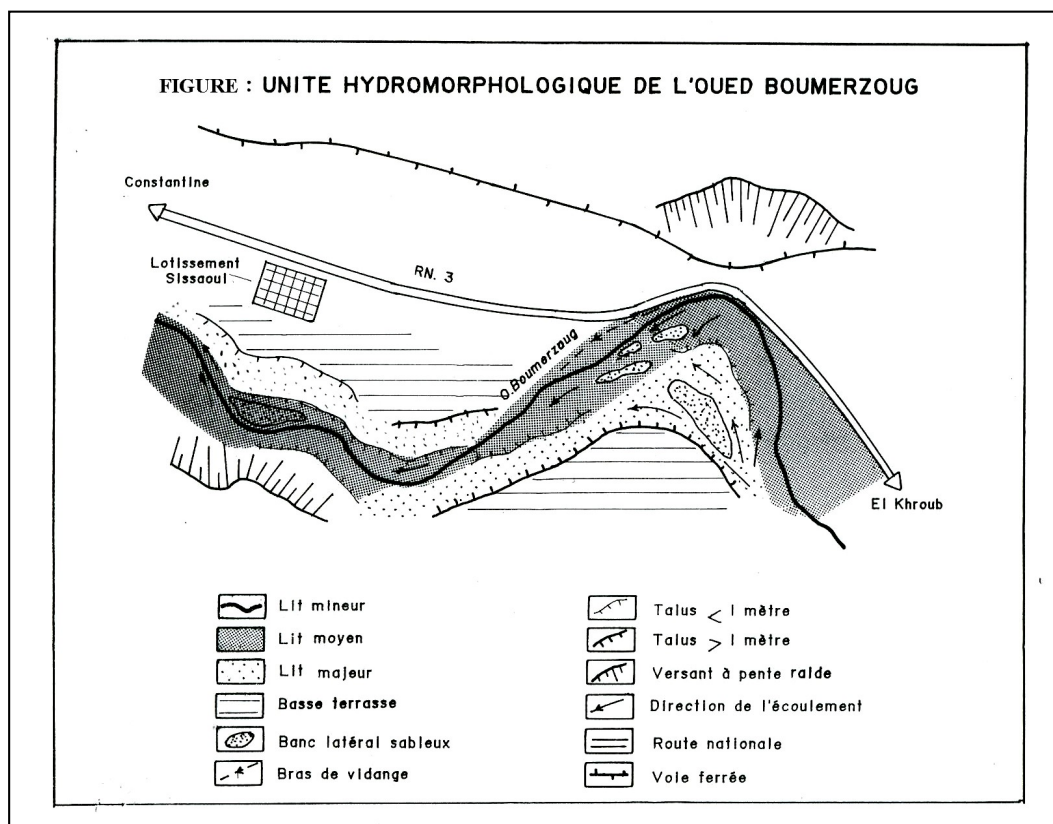
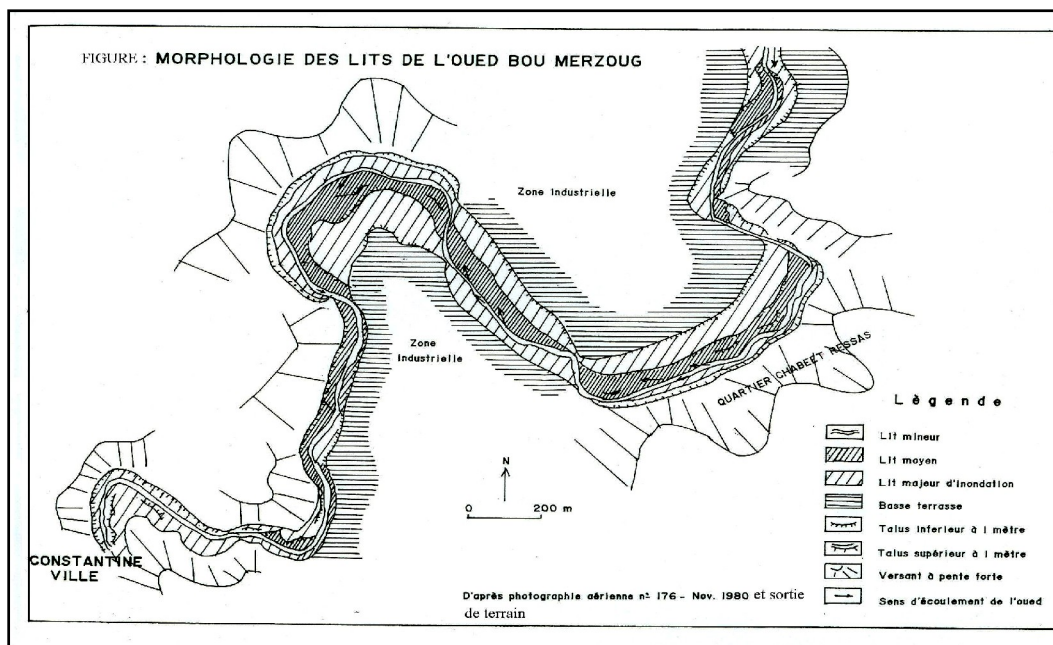
4-1- L'occupation du sol et l' anthropisation

L'occupation du sol dans la vallée de l' Oued Boumerzoug n'est pas conforme aux potentialités, en effet, ces terrains plats et fertiles, ont une vocation agricole plutôt qu'urbaine et industrielle.

Une partie de la plaine inondable de l' Oued Boumerzoug (lit majeur) est occupée par une zone industrielle et de nouvelles cités. Sur les versants de rive concave, surplombant le lit de l'Oued à Chaabet Erssas et Sissaoui, une urbanisation anarchique s'est installée de fait.

Quant à l'agriculture, elle est confinée sur les terrasses et le la zone externe de la plaine inondable (lit majeur).

Les conséquences de cette anthropisation se sont traduites par une montée rapide des eaux à Constantine, ce qui augmente la concentration des eaux et expose les quartiers du Bardo et de Chaabet Erssas à des risques d'inondations fréquents.



L'installation de zones industrielles dans cette section de l'Oued Boumerzoug est à l'origine de graves problèmes en provoquant une montée des eaux par création d'embâcles.

L'interprétation de l'ensemble de ces données concernant l'occupation du sol et l'analyse de la morphologie des lits de l'Oued Boumerzoug permettent la présentation d'une cartographie géomorphologique des champs d'inondation et par conséquent l'établissement de cartes des zones exposées à des risques d'inondation.

4-2- Carte des risques et éléments exposés aux risques d'inondation

Sur la carte des risques d'inondation apparaissent 2 zones :

- Une zone très exposée où il n'existe pas de mesures habituelles de protection efficace, le risque est très élevé.
- Une zone exposée avec un risque qui reste élevé.

La ville de Constantine et sa zone périurbaine de l'Oued Boumerzoug sont exposées à des risques d'inondation très fréquents, et qui causent des dégâts humains et matériels très importants. Un constat réalisé suite aux graves inondations de Février Mars 2003, révèle la variété des éléments exposés aux risques d'inondation.

Tableau : Eléments exposés aux risques d'inondation
section de l'Oued Boumerzoug

Location	Eléments exposés aux risques	Types de constructions	Densité population hab/ha	vulnérabilité	Dommages aux personnes et aux biens
Boumerzoug Chaabet Erssas	Commerces maisons, ateliers, entreprises	Structure métallique, parpaing, brique, bidonville, tôle	370	Très élevée	Locaux inondés produits abîmés, matériels endommagés, 300 maisons détruites
Lotissement Sissaoui	Routes, maisons, entrepôts, commerces	Quartiers spontanés limitrophes du lotissement construits en parpaing et en tôle	320	Elevée et très élevée	Plus de 70 familles évacuées et 120 maisons sinistrées

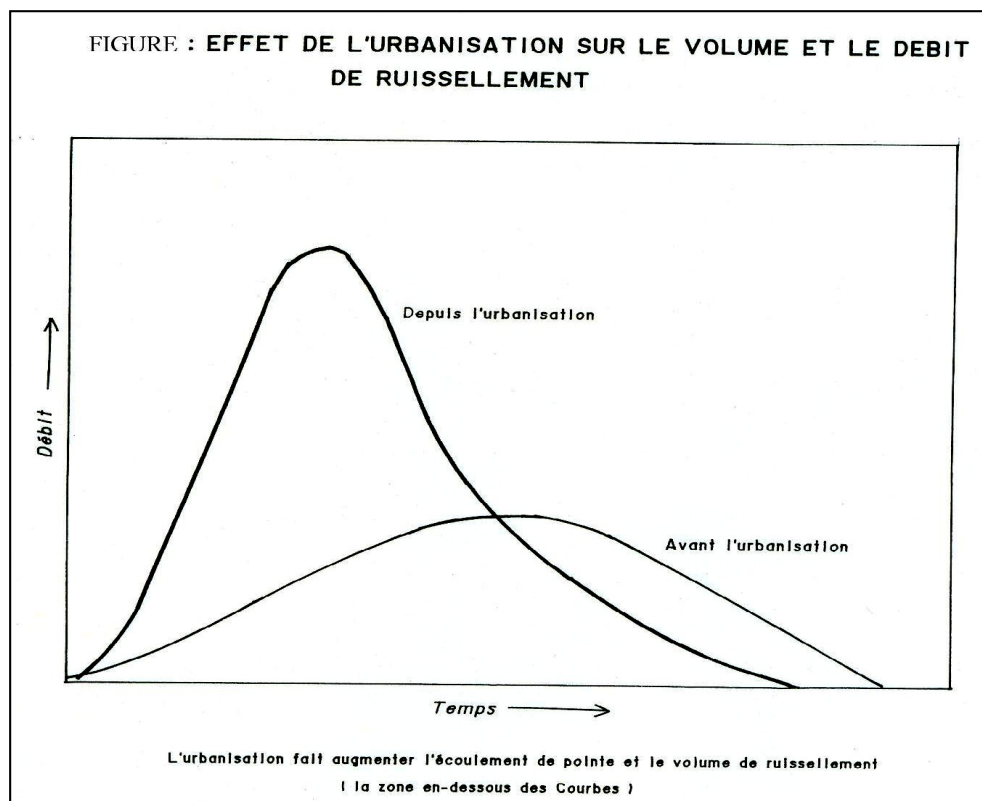
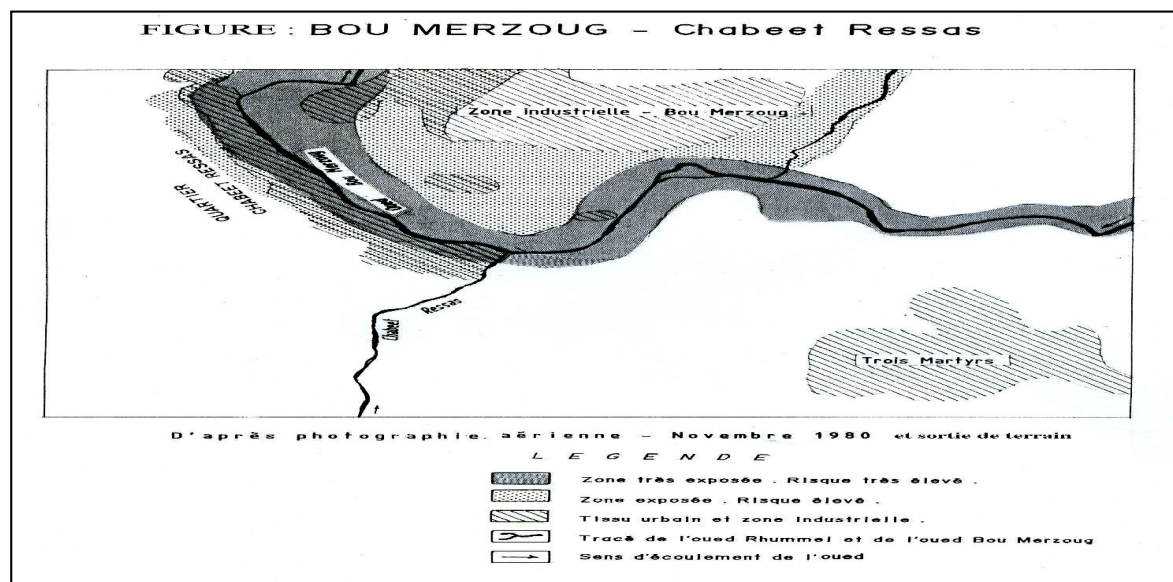
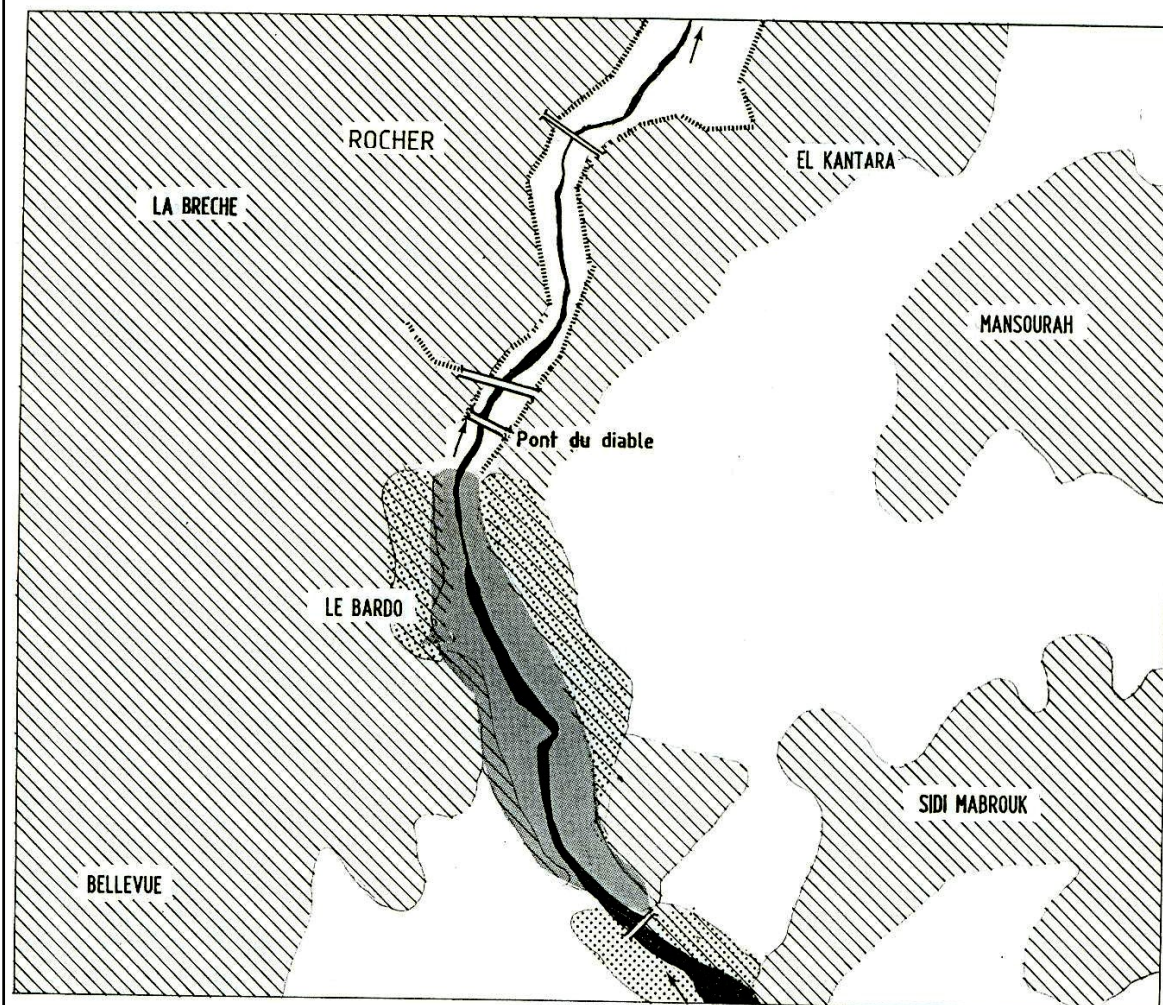
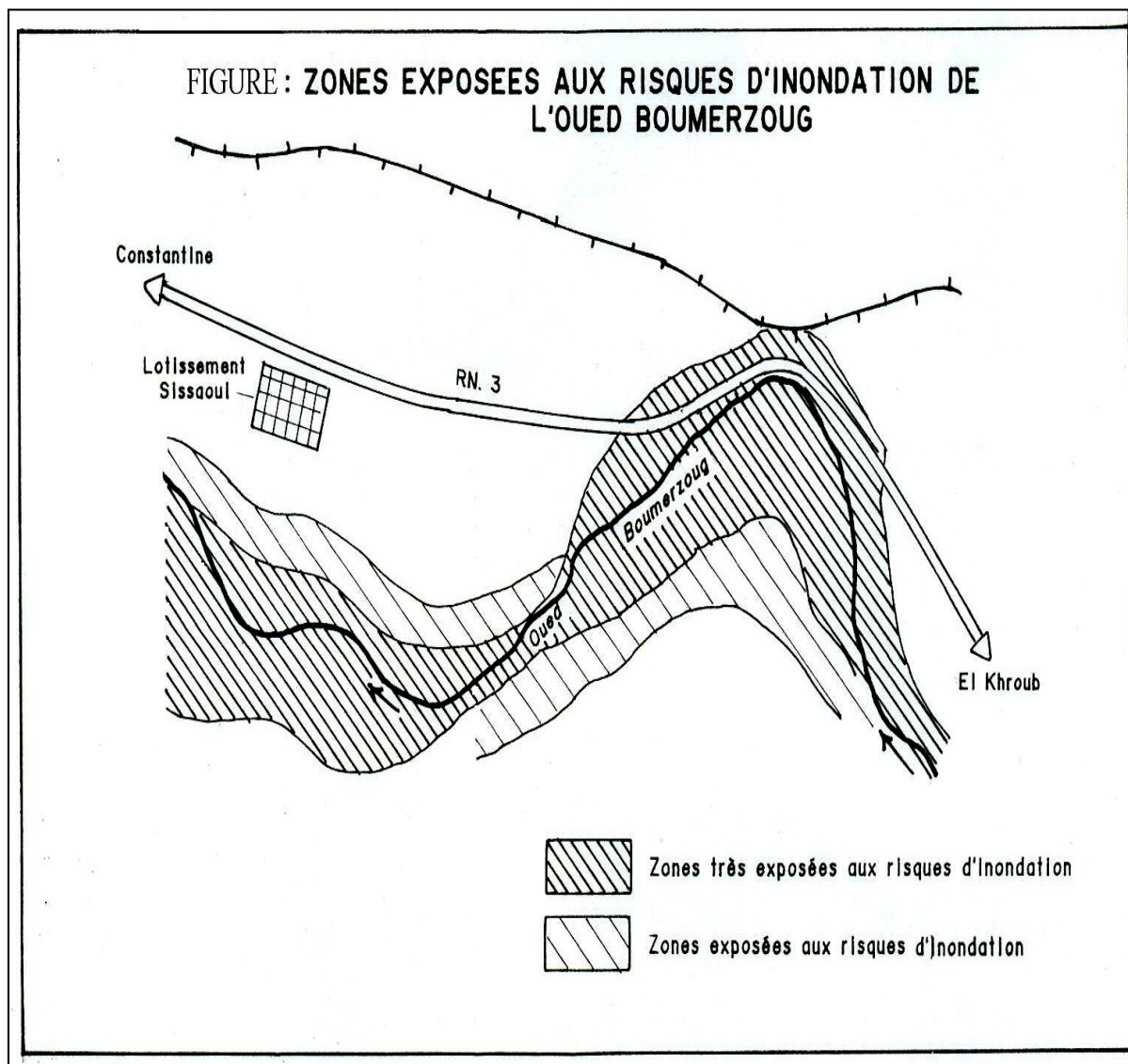


FIGURE : RHUMMEL - Bardo -

(Section oued au niveau des gorges).





5- CONCLUSION

Le risque d'inondation est parfaitement identifiable, et donc prévisible. L'outil principal de cette prévention est la cartographie et l'observation de l'occurrence spatiale, le document établi permettra de caractériser les secteurs où toute installation humaine nécessite une vraie réflexion.

Cette méthode appliquée dans des études d'inondation dans le sud de la France par M. Masson après la catastrophe de Vaison-La-Romaine du 22 septembre 1992 a donné des résultats encourageants, elle peut donc être considérée comme une approche fiable.

Il ressort de cette approche que l'étude des inondations peut être abordée par une méthode autre qu'hydrologique et hydraulique. La méthode hydromorphologique a été utilisée dans le cas de la ville de Constantine et sa section périurbaine de l'Oued Boumerzoug. Elle a montré que les causes aggravant les dommages d'inondation sont nombreuses et surtout anthropiques :

- L'urbanisation anarchique le long de l'Oued Boumerzoug et principalement dans le lit majeur
- Les obstacles à l'écoulement : les embâcles...
- Les modes d'occupation des sols...
- Les causes sociologiques résultant de l'organisation de la société urbaine et de son comportement :
- Le manque de P.O.S, de P.E.R et de P.P.R

BIBLIOGRAPHIE

- Archives d'Outre mer d'Aix en Provence, (1845 - 1858) : Dossiers inondations, sinistres, tremblement de terre. Préfecture de Constantine.
- Archives de la Wilaya de Constantine : Dossiers, cartes, rapports, presse.
- Caroff J., Sinthe G., (1958). Les crues de novembre 1957 en Algérie, société Météo. De France, série 4, n° 50, Paris.
- Masson M., (1993). Après Vaison-La-Romaine. Pour une approche pluridisciplinaire de la prévision et de la planification, revue de géomorphologie dynamique, XLII, n° 2, Paris, p. 73-77.
- Mebarki A., (1982). Le bassin du Kebir-Rhumel (Algérie). Hydrologie de surface et aménagement des ressources en eau, thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle, Université de Nancy II, 304 p.
- Projet Rudis, (1990). Assainissement de la ville de Constantine. Ministère de l'hydraulique, Alger.
- Zebiri A. (1994). Evaluation du risque d'inondation à Constantine : méthodologie d'approche. Article Revue Méditerranée, n°3,4 Aix en Provence, France.
- Zebiri A., (2001). Etude du fonctionnement fluvial et risque d'inondation dans le Rhumel-Boumerzoug (Amont et Aval de Constantine), thèse de Magistère, Université Mentouri Constantine, 209p.

TROISIEME SEANCE :
« ETUDE DE CAS »

REGIMES DES CRUES DANS LA REGION DES HAUTES PLATEAUX ET RISQUES D'AFFOUILLEMENT A L'AVAL DES OUVRAGES D'ART.

NEMILI. Zahra & KALLA .Mahdi***

*(LRNAT), université de Batna

**Université Mohamed Boudhief M'sila

nemilizahra@yahoo.fr

RESUME

L'affouillement représente un problème grave pour les ponts construits sur les cours d'eau à fonds mobiles, en effet ce phénomène a causé beaucoup de détériorations, et parfois même des destructions des ponts causant de dégâts humains et matériels dans le monde.

L'Algérie n'échappe pas à ce phénomène qui a causé beaucoup de problèmes aux ouvrages conduisant à leurs destruction ou à la nécessité de leur renforcement, en Algérie, dans la région des hauts plateaux et surtout en climat semi- aride, l'érosion du lit est plus ou moins importante.

D'après l'étude des ponts sur oueds, nous avons noté que le niveau de fondations est déterminé par des considérations d'affouillement général et local.

La majorité des oueds, sont concernés par l'abaissement du lit par érosion du lit par érosion de faible importance.

INTRODUCTION

Le présent travail, qui est une contribution (expertise) aux problèmes causées par l'affouillement et l'érosion, est un constat visuel de l'évolution altimétrie des lits d'oueds au niveau des ouvrages d'art de petite importance sur radier général depuis près d'un siècle, nous avons pris comme exemple les ouvrages d'art construits dans la région de BARIKA.

MATERIELS ET METHODES

Photographies prises il y a plus de (50) ans. Les dossiers d'archives. Les visites du terrain.
Les formules empiriques.

CONSTATATIONS GENERALES

Nous affirmons que l'évolution des lits dans la majorité des oueds a été très lente depuis 80 ans, les appuis étant ancrés à une profondeur moyenne de 3m dont 1m 50 dans la couche limono argileuse ou Marne gypseuse.

● **CAS PARTICULIER : Oued BARIKA**

Il s'agit d'un ouvrage de 60m d'ouverture sous forme de cadre permettant à la route nationale RN78 de traverser l'oued à 10Km, à l'amont de cette ville. L'ouvrage a été réalisé en 1980, il est fondé sur un radier général en béton armé posé au fil d'eau.

En 20ans de service, la subdivision des travaux publics a noté (3) crues qui sont passées au dessus de la dalle, dont la dernière en 1998 pour un débit de 1000m³/s qui a ruiné l'ouvrage (voir photos).

Dégradation apparente

Après destruction partielle de l'ouvrage, le radier a été soulevé sur 2 à 3 travées et l'eau s'écoule sous le radier, et une de ses semelles est déterrée, de toute sa hauteur plus l'ancrage primitif soit plus de 2m à partir de 1990(voir photos).



Photo 1: ABSENCE de dispositifs de protection à l'aval du radier.



Photo 2: L'ouvrage après le passage de la crue de l'année 1998.



Photo 3: L'ouvrage ruiné après le passage de la crue

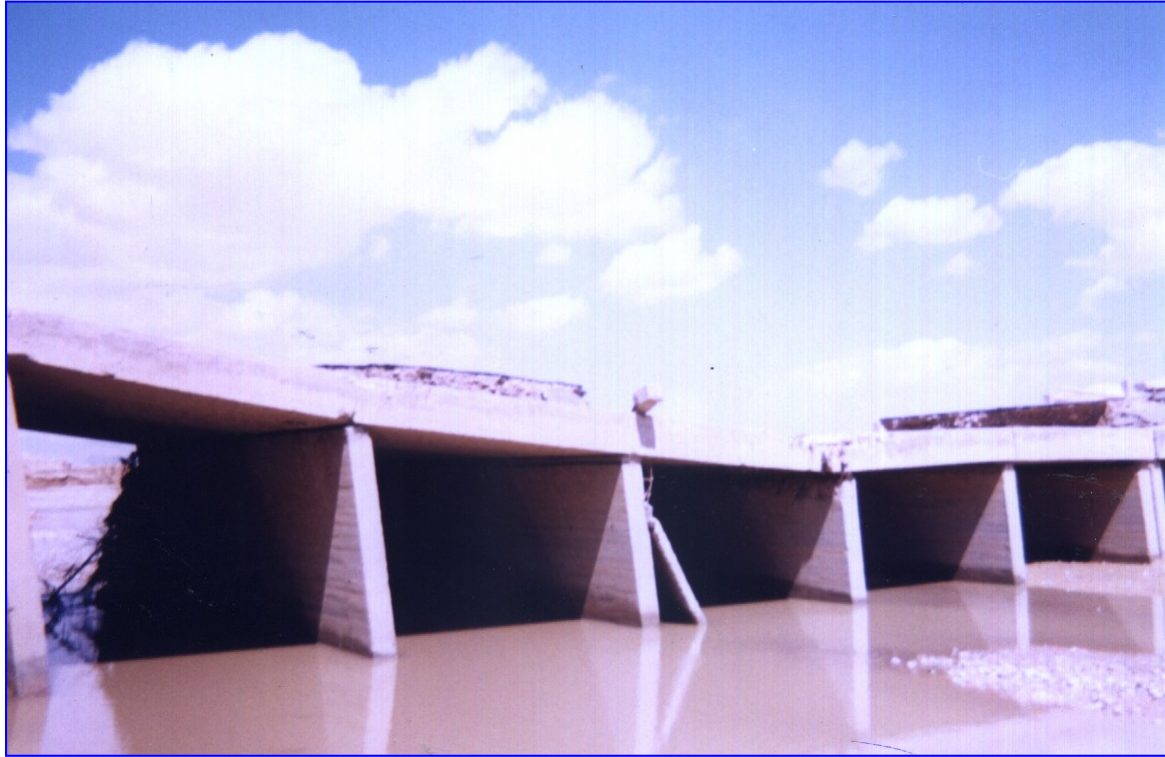
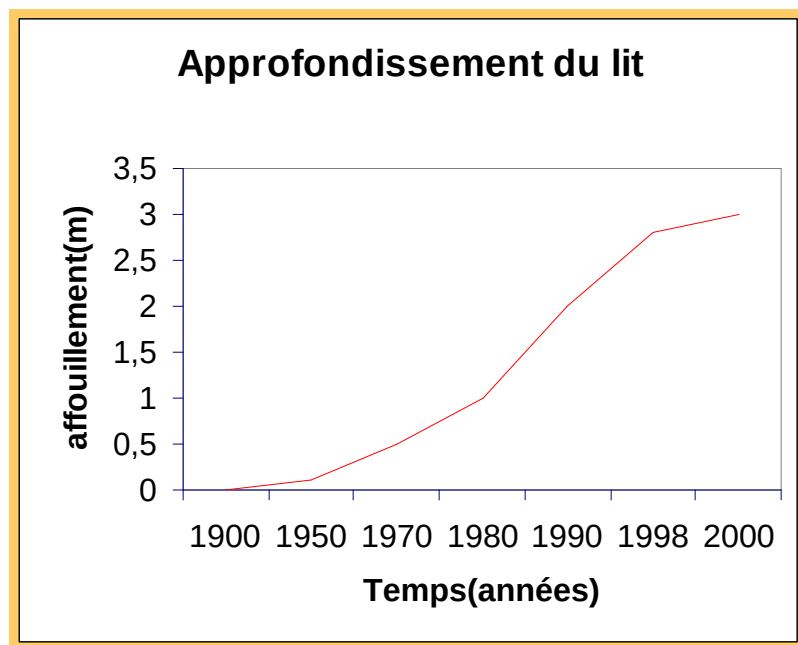


Photo 4: Destruction de l'ouvrage après la crue



Cas N° 2 : Le chemin de la wilaya N36 reliant la RN28 à Ouled Amar coupe oued Guernini par un ouvrage existe depuis 1990, à subir une érosion d'une hauteur de 2m.

- A 20Km sur le même oued se trouve un 2eme ouvrage réalisé en 1985, subit une chute de profil en long de 1.6m, et une disparition de la couverture sableuse à l'aval sur toute la longueur de l'oued (voir photo).

Pour chercher les causes, nous orientons directement vers l'affouillement.



Photo 5: Le soulèvement du radier à l'aval de l'ouvrage



Photo 6: Vue longitudinale du pont après le passage de la crue



Photo 7 : Pont route oued Amar RN28 (érosion de 2m)



Photo 8 : L'érosion à l'aval de l'ouvrage ($Q=580\text{m}^3/\text{s}$)

Les mêmes causes (l'affouillement) engendrent les mêmes résultats.

DESCRIPTION DU PHENOMENE

Le processus de l'affouillement est le résultat de l'érosion du lit d'un oued et de ces berges pendant la période d'élévation d'eau durant une inondation, la vitesse de l'eau s'augmente résultant à une augmentation dans les contraintes de cisaillements sur les matériaux au fond du lit.

ÉVALUATION DE LA PROFONDEUR D'AFFOUILLEMENT

- Approche développée par une équipe polytechnique de LININGRAD

La profondeur d'affouillement, se calcul par la formule suivante :

$$(1) \quad q_{\max} = q \left(\frac{H_{\max}}{H} \right)^{1.3} \quad q = \frac{Q}{L_M}$$

$Q_{\max}$: débit spécifique d'eau à la sortie du pont qui est fonction de la profondeur maximale du courant.

Débit spécifique d'eau à la sortie du pont de diamètre LM.

Q : débit d'eau à la sortie du pont.

$H_{\max}$: profondeur maximale du courant sous le pont.

D : diamètre moyenne des particules solides du lit du canal.

β_L : Coefficient dimensionnel dépendant de la probabilité de dépassement (p%) du débit.

τ : Coefficient tenant compte du temps d'influence du courant dans le calcul de l'affouillement, il peut être calculé en première approximation d'après le tableau suivant, en rapport avec la durée de la crue et de degré de contraction du courant .

Méthode dite "enveloppe":

Cette méthode peut fournir des valeurs par excès mais plus fiables.

L'affouillement total, H, peut être écrit sous la forme :

$$H = H_G + H_c + H_L \quad (1).$$

1. Affouillement générale :

a- Lit à sédiments fins ($d_{90} < 6\text{mm}$): la profondeur de l'affouillement général est donnée par la formule de « HAYRI et SIMONS », 1968, (VANTUU,1981).

$$(2) \quad H_G = D_0 - \frac{S_M}{B_M}$$

$$(2a) \quad D_0 = 0.48 Q_0^{0.36}$$

Avec :

Q_0 : Débit max du projet (m³/s)

S_M : Section mouillée (m²) correspond au plus hautes eaux (PHE).

B_M : Largeur du lit mineur.

D_{90} : Dimension des mailles laissant passer 90% en poids de l'échantillon (m).

b- Lit à sédiment grossiers ($d_{90} > 6\text{mm}$) ;

la profondeur de l'affouillement générale donnée par « KELLERHALS, 1967 » « VANTUU, 1981 ».

$$(2) \quad H_G = D_0 - \frac{S_M}{B_M}$$

$$(2b) \quad D_0 = 0.249 Q_0^{-0.8} d_{90}^{-0.12} B_M^{-0.8}$$

2. Affouillement de contraction :

Lausen , en 1963 avait proposé la formule suivante pour la profondeur de l'affouillement par contraction (LAUSEN , 1963, VANTUU , 1981 , NICOLLET, 1982).

$$(3) \quad H_C = D_0 \left[\left(\frac{0.027 v^2}{D_0^{\frac{1}{3}}} \cdot \frac{d_{50\text{surf}}^{\frac{1}{3}}}{d_{50\text{Hc}}^{\frac{1}{3}}} \right)^{\frac{3}{7}} \left(\frac{B_{am}}{D_0} \right)^{\frac{6}{7}} - 1 \right]$$

Avec :

D_0 : profondeur max de l'affouillement (m), est donnée par (2a) ou (2b).

V : vitesse moyenne de l'eau à l'amont de l'oued.

$D_{50\text{surf}}$: dimension des mailles de tamis carré laissant passer 50% en poids de l'échantillon.

Avec :

D_0 : profondeur max de l'affouillement (m), est donnée par (2a) ou (2b).

V : vitesse moyenne de l'eau à l'amont de l'oued.

$D_{50\text{surf}}$: dimension des mailles de tamis carré laissant passer 50% en poids de l'échantillon.

3- Affouillement local :

La profondeur de l'affouillement local est généralement la plus significative des trois types.
Pile circulaire sous effet des eaux claires (sans transport des sédiments).

$$HL=0.277(VD)^{0.619} \quad (4) \quad (\text{SHEN et al, 1969})$$

Pile sous effet des eaux chargées de sédiments (cas plus fréquent).

BENSERS a proposé la formule empirique suivante :

$$HL = 1.4 P \quad (5) \quad (\text{BRUSERS, 1965 ET VANTUU, 1981})$$

Avec P : la largeur de la pile.

FOSSE D'EROSION



CONCLUSION

La majorité des ponts des hauts plateaux, n'ont pas subi de dégradations notable depuis 80ans, mais on a constaté que les aménagements effectuées pour protéger les ouvrages contre l'érosion peuvent au contraire augmenter le risque de déchaussement des fondations posées sur le substratum.

Nous attirons l'attention des DTP (directions des travaux public) et des laboratoires de recherches sur le risque d'affouillement des ouvrages d'art dans cette région causés par les aménagements censés pour la protection.

LES INONDATIONS DU 30 SEPTEMBRE 2001 A OUED EL ATHMANIA ET A GOURZY (WILAYA DE CONSTANTINE)

CEMALI. Nedjouda* & SENOUCI Samira*

*Université Mentouri Constantine, Faculté des sciences de la terre,
de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire.

Cm_nedjouda@voilà.fr

RESUME :

L'Algérie a connu de nombreuses inondations au cours de ces dernières années. Ces inondations ont causé des dégâts importants et de nombreuses victimes et ont beaucoup affecté le développement local.

Les causes de ces catastrophes sont souvent dues à des aménagements mal conduits ou plus simplement à des erreurs d'aménagements ; de nombreuses villes algériennes sont édifiées sur les berges des oueds ?

L'année 2001 a été particulièrement meurtrière avec des inondations catastrophiques de Bab El Oued à Alger (729 Morts) mais aussi dans l'Est algérien à Oued El Athmania et à El Gourzy.

INTRODUCTION :

La note se donne comme objectif, l'analyse des inondations d'Oued El Athmania et d'El Gourzy, l'évaluation des dégâts, la recherche des causes, la délimitation des zones inondables et une réflexion pour une protection efficace contre les inondations.

LES CARACTERISTIQUES PHYSIOGRAPHIQUES DES BASSINS VERSANTS DE LA REGION D'ETUDE.

Les caractéristiques physiographiques:

- ✓ Fortes pentes. (avec des valeurs supérieures à 25% à l'amont et 3% à l'aval.
- ✓ Roches imperméables à l'aval (les marnes et les argiles) et perméables à l'amont (calcaires).
- ✓ Une couverture végétale faible.

Les caractéristiques morphométriques:

- ✓ Des petits bassins versants.
- ✓ forme allongée.

- ✓ Temps de concentration.

Les caractéristiques anthropiques:

- ✓ Une occupation ancienne des bassins versants.

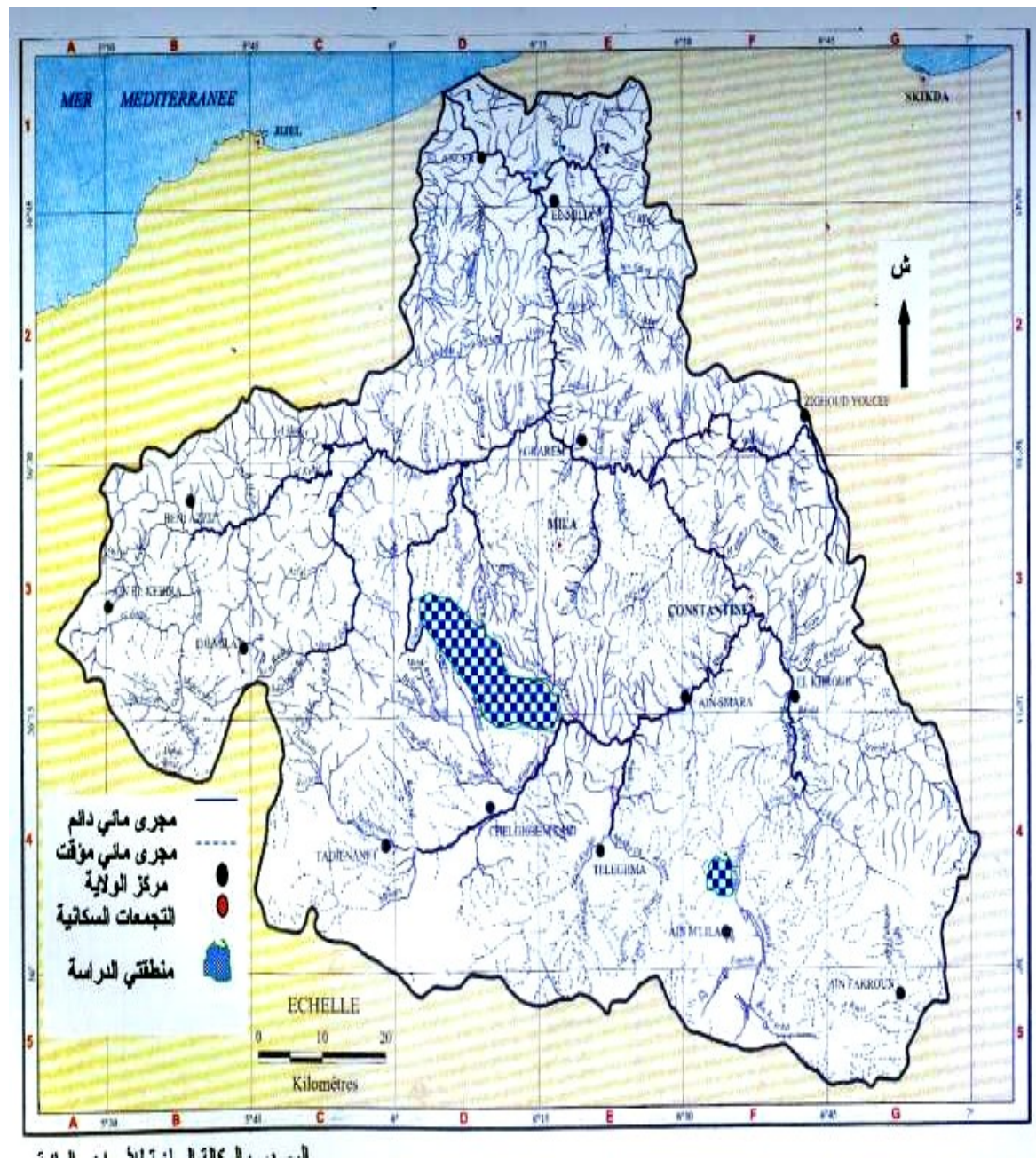




Figure 1 : carte des pentes (B.V Oued Bouyacour).

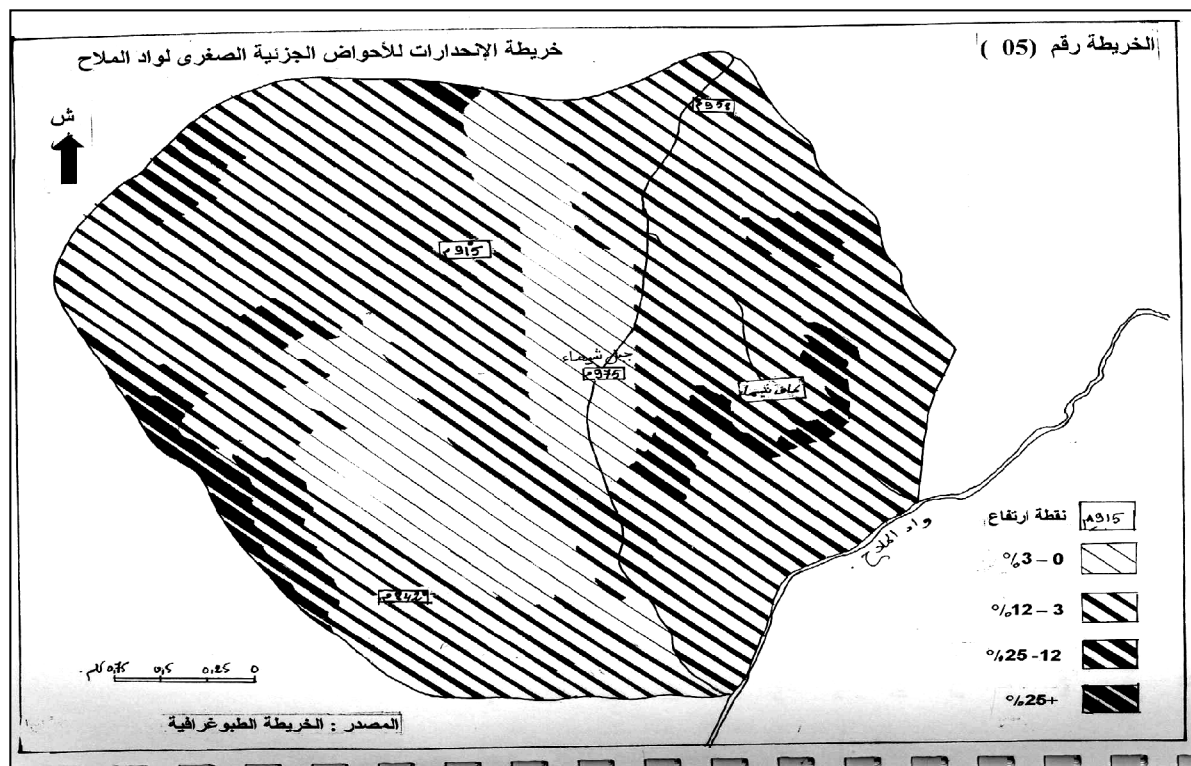
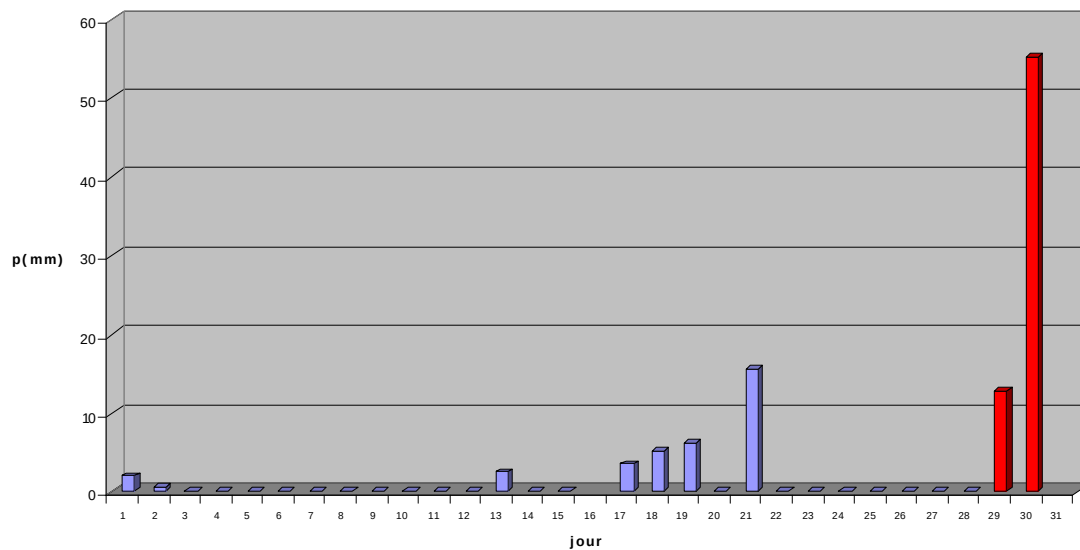


Figure 2 : Carte des pentes (B.V Oued El Malah)

ETUDE HYDROLOGIQUE

- ☐ L'analyse de l'événement climatique (la cause directe de l'inondation du 30/09/2001).
- ☐ Evaluation du débit maximal en appliquant les méthodes théoriques Suivantes :
 1. LA Méthode rationnelle de Turraza.
 2. La méthode hydrologique de Chézy.
- Evaluation du volume d'eau en appliquant la méthode de Sokolovski.

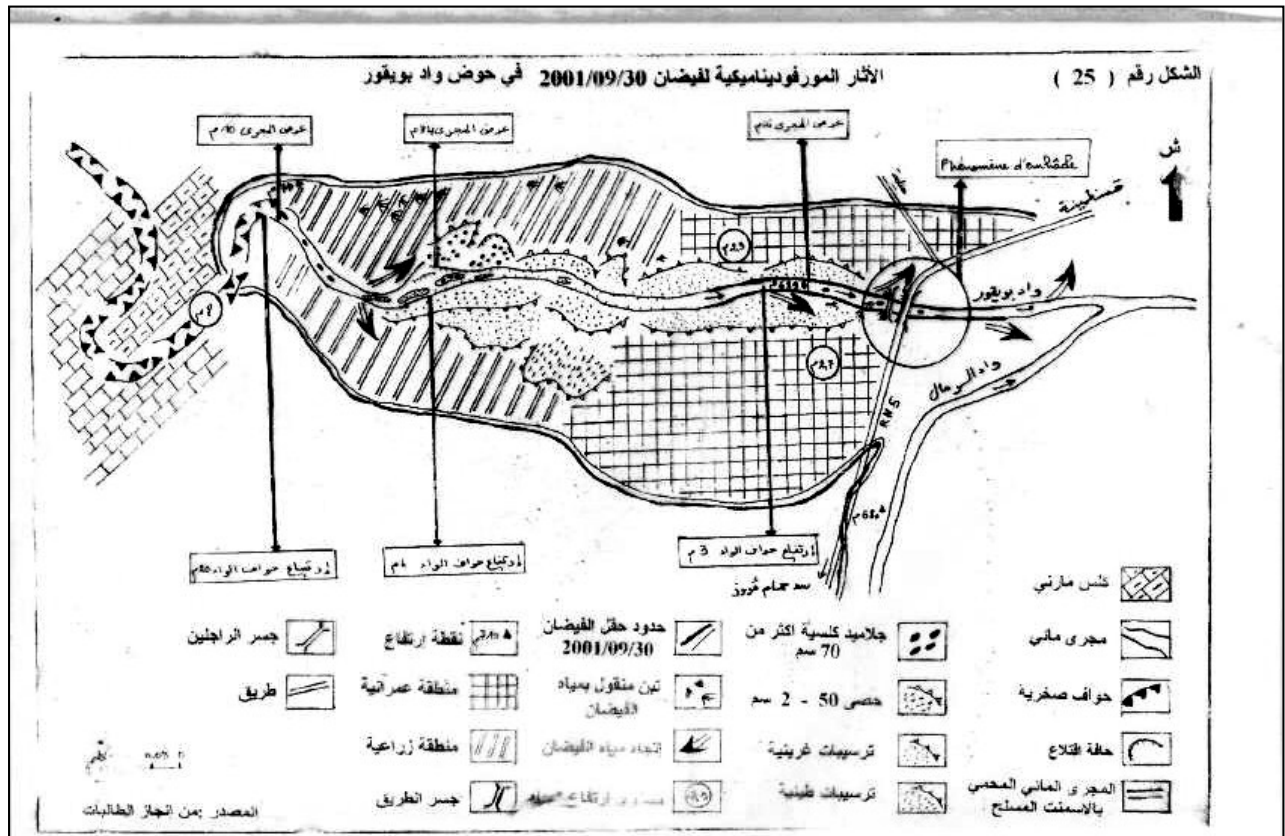
pj(mm)mois de septembre2001



ALALYSE DES EFFETS MORPHODYNAMIQUES DE L'INONDATION DU 30/09/2001

C'est un travail de terrain qui a permis :

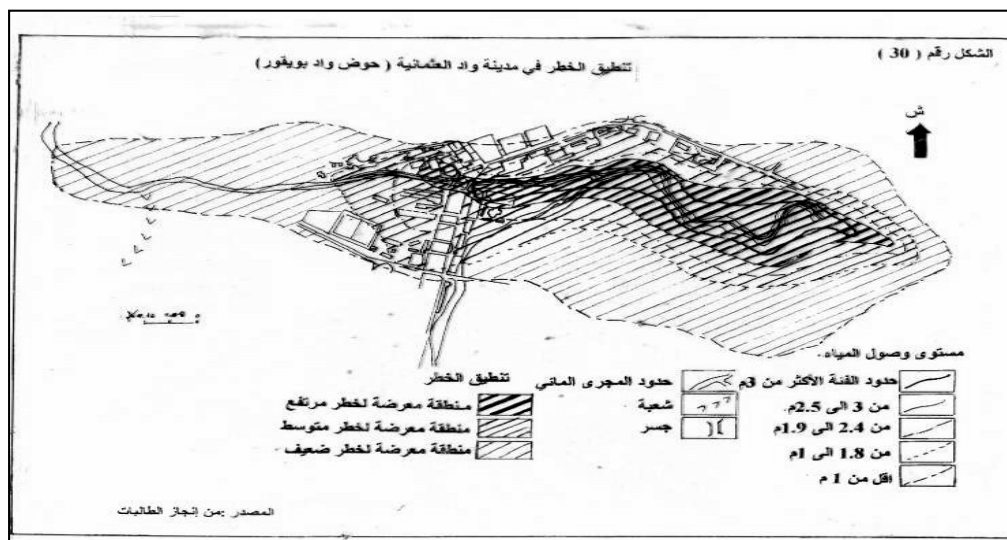
- de Comprendre les mécanismes du phénomène.
- la délimitation de la zone inondable.
- d'exprimer sa vulnérabilité.
- l'intervention humaine.
- un travaille de laboratoire qui détermine la compétence des eaux débordées le soir du 30/09/2001.



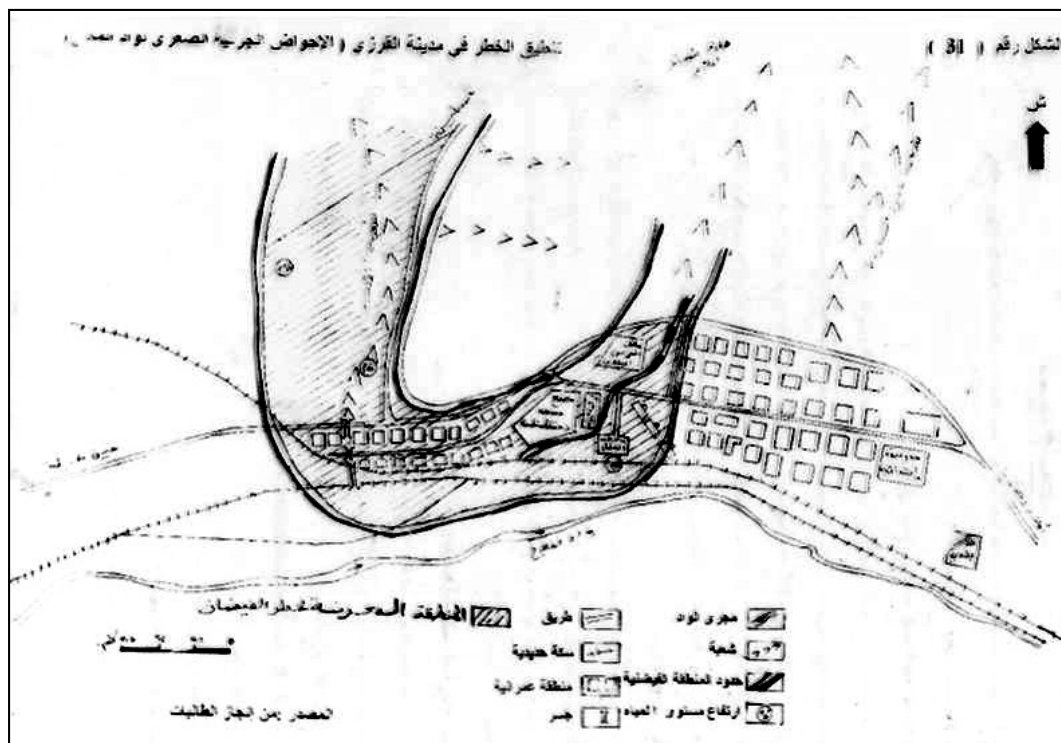
Cartes des effets morphodynamiques de L'inondation (oued el Athmania)

Résultats et conséquences

- Evaluer les dégâts de l'inondation du 30/90/2001 à Oued el Athmania et à el Gourzi.
- Délimiter les zones du risque dans les villes :



Zonage du risque (oued el Athmania)



ZONAGE DU RISQUE (EL GOURZI)

TABLEAU : ZONAGE DU RISQUE (OUED EL ATMAINA)

SUPERFICIE DE LA ZONE EXPOSEE AU RISQUE	ELEMENT EXPOSEE AUX RISQUES.	LES ELEMENTS		RISQUE
(H) 18.5	ROUTE N°5-2 PONTS MOSQUEE- STADE- MAISONS....	D(M)		LE LEVEE
		D<125	H>2.5	
(H) 33.07	MAISONS – COMMERCES- CFPA-FERME- BOULONGERIE...	260>D>125	2.5>H>1	MOYEN
(H) 70.33	STADE -APC- ÉCOLE-LA POSTE-.....	340>D>260	1>H	FAIBLE

DISCUSSION

- Absence des données hydrologiques (station hydrométrique).
- Absence des données pluviographiques (pluviographe).
- Absence des études des crues

CONCLUSION

Les inondations à Oued El Athmania et à El Gourzi sont dues à des facteurs naturels et des facteurs humains:

- Les facteurs naturels.
 1. Les pluies.
 2. Pentes, couverture végétale, lithologie, morphométrie des bassins versants, morphologie des lits.
- Les facteurs anthropiques.
 1. Urbanisation construite en zones inondables (les lits majeurs).
 2. Les ouvrages hydrauliques de dimensions insuffisantes pour assurer l'écoulement des débits de grandes crues.
 3. Présence des obstacles à l'écoulement des eaux.(Ponts, routes...

Les inondations sont des phénomènes naturels et elles ne peuvent être catastrophiques que lorsqu'elles affectent des zones d'habitation, d'industrie, d'agriculture, notre protection nécessite les outils suivants:

- PER, PPR, cartes hydro géomorphologiques, système d'alerte, plans d'aménagements des bassins versants.

L'IMPACT DES INONDATIONS DANS LES SOUS-BASSINS D'OUED-KEBIR DANS LA VILLE DE TEBESSA

SID Salah*

*Laboratoire de Géomorphologie. Faculté des sciences de la terre, de la géographie
et de l'aménagement du territoire. Université de Constantine.

Sasid2000@yahoo.fr

RESUME

Les risques naturels (inondations –séismes- glissement de terrain- volcans) 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.

L'inondation est l'un des risques majeurs recensé à cause de leur fréquence dans le temps et l'espace.

L'Algérie est l'un des pays qui a été confrontée aux effets néfastes des inondations à travers de nombreuses villes telles que, Skikda, Batna, Annaba, Tébessa, Constantine, Alger, Sidi Bel Abbès...

Dans cette note, nous analyserons l'exemple de la ville de Tébessa qui a été affectée par des inondations récurrentes au cours de ces dernières années.

La ville de Tébessa est située dans les sous bassins de Oued-Kébir qui est alimenté par plusieurs oueds qui s'insèrent dans le tissu urbain. La traversée de ces oueds se fait par de nombreux ponts ou passerelles qui ont favorisées la formation d'embâcles et de débâcles lors des précipitations exceptionnelles des dernières années. Ces formes de perturbations de l'écoulement dans la ville ont engendré des dégâts considérables aux constructions et aux infrastructures avec un déplacement des populations des sites sinistrés.

L'urgence de l'élaboration d'un plan de prévention des risques (PPR) d'inondations est recommandée particulièrement pour la ville de Tébessa où une grande partie est édifiée dans des zones inondables.

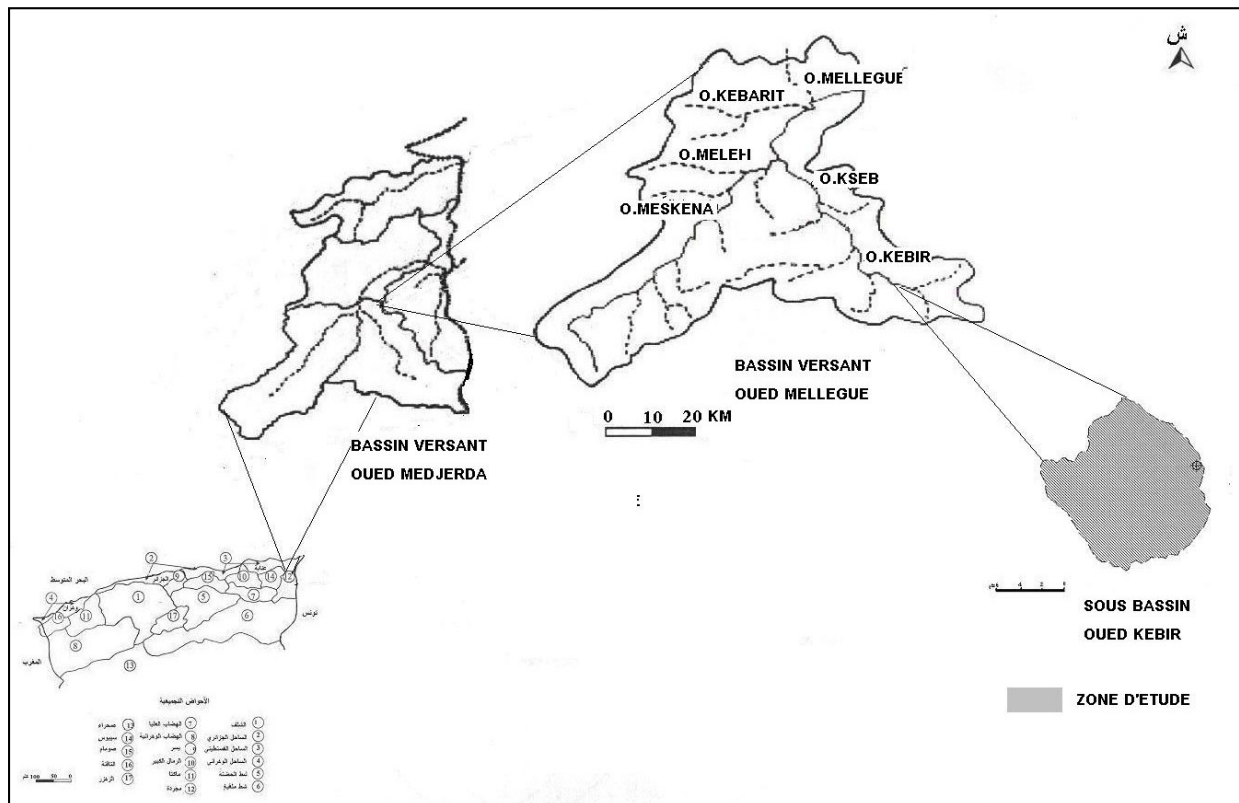
I - INTRODUCTION

L'étude de protection des zones inondables des bassins ouest de la ville de Tébessa. la prévention ou réduction des dégâts causés par les inondations, la conservation et l'amélioration du sol, ainsi que le contrôle du ruissellement, sont les principaux points visés par cette étude.

II – ZONE D'ETUDE :

La zone d'étude à aménager est comprise entre la RN10 et la versant nord des Djebels Anoual et Doukhane, cette zone correspond aux sous bassins des principaux oueds (oued Kebir, oued Mellegue) coincés entre ces ces montagnes et la RN 10. Ces sous bassins versants sont : chabro- Rezala – mrarhdia – Zaadour – Es-Sagui – Nagues – Elanba et Rafana.

Localisation des sous bassin versant de oued Kebir



III- ANALYSE GEOMORPHOLOGIQUE DE LA REGION D'ETUDE

L'analyse géologique des terrains montre que la ville de Tébessa étant située au niveau d'une plaine correspondant à un grand fossé d'effondrement et quasiment recouverte par des alluvions représentées par les limons- caillouteux ou des argiles.

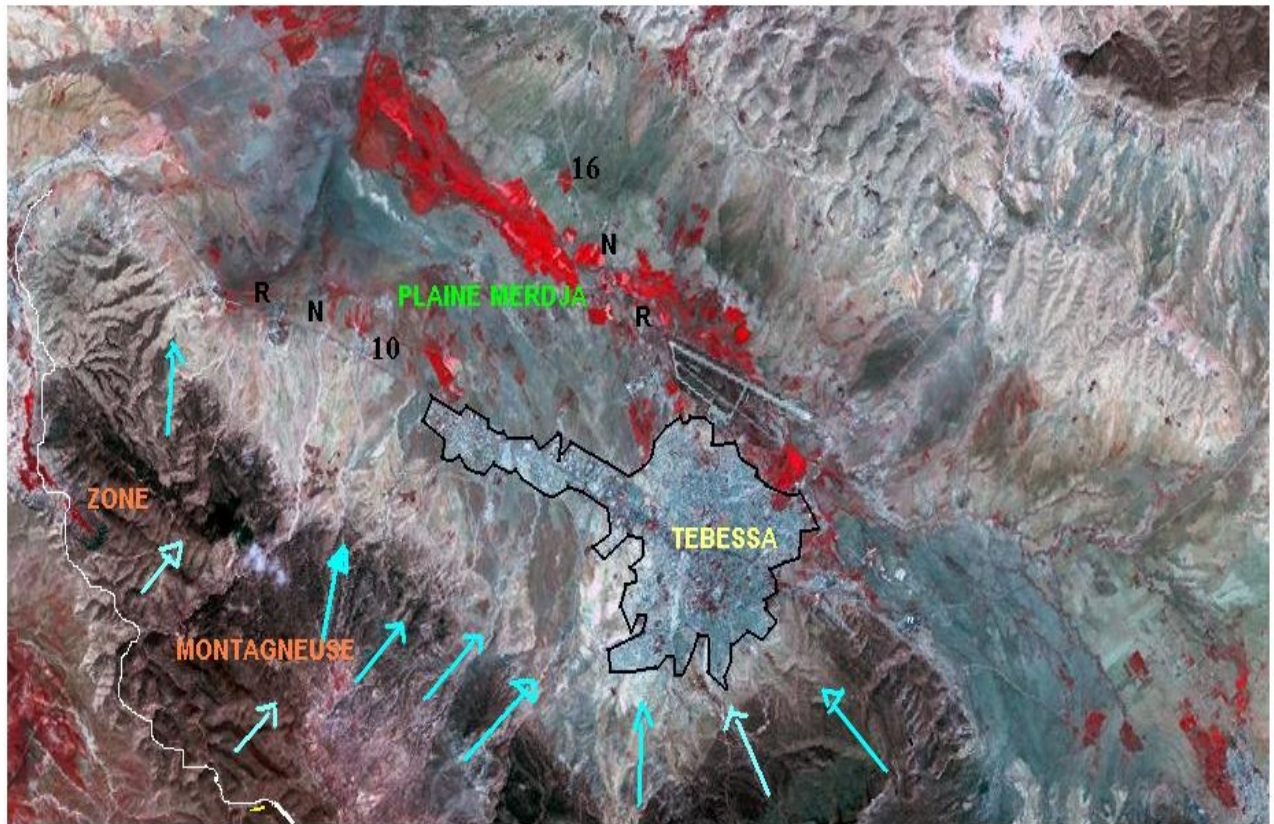
Les oueds de la région d'étude sont susceptibles de recevoir des quantités importantes d'apports solides. Les dépôts limono caillouteux, encroûtés du quaternaire sont légèrement inclinés, avec présence de quelques ruissellements des eaux.

Les ruissellements existent également au niveau des marnes noires ou vertes du crétacé d'où la nature du terrain est imperméable.

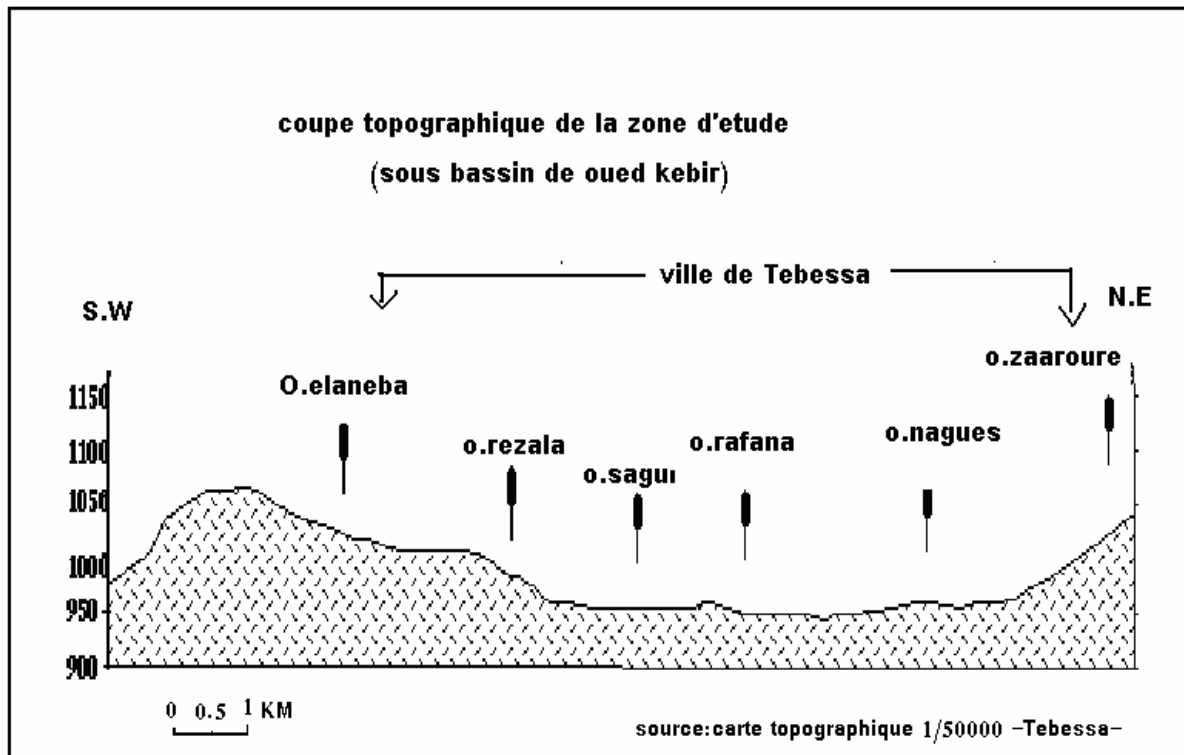
Ces sous bassins versants de la zone d'étude présentent une forme légèrement allongée, un relief assez fort et leurs pentes sont moins fortes, avec un faible couvert végétal qui va accroître

l'effet de l'érosion, les eaux de surface durant le ruissellement seront canalisées par un grand réseau hydrographique, ces eaux de surface durant le ruissellement seront canalisées par un grand réseau hydrographique, ces eaux se dirigent par la suite vers l'exutoire des bassins (route nationale N°10) donnant une vitesse d'écoulement qui varie entre 1,15 à 2,27 m/s avec un temps de concentration assez important allant de 0,67 (chabro) à 3 (heure) au niveau de Rafana. La densité de drainage est de 4,12 à 5,50 k m/km².

LOCALISATION DE LA VILLE DE TEBESSA



SOURCE:image satellite-scene36-mars2002



IV- CLIMATHOLOGIE

La zone d'étude est caractérisée par un climat semi aride, la variabilité de la précipitation moyenne mensuelle est nettement remarquable au niveau des 8 stations, la précipitation moyenne annuelle sur l'ensemble des sous bassins versants est de l'ordre de 280 mm avec une température moyenne annuelle de 15,14°C, et un débit de crue pour une période de retour de 100ans (méthode de SOKOLOVSKI) qui varie de 15,70 à 56 m³/s.

V – INTERPRETATIONS DES DONNEES

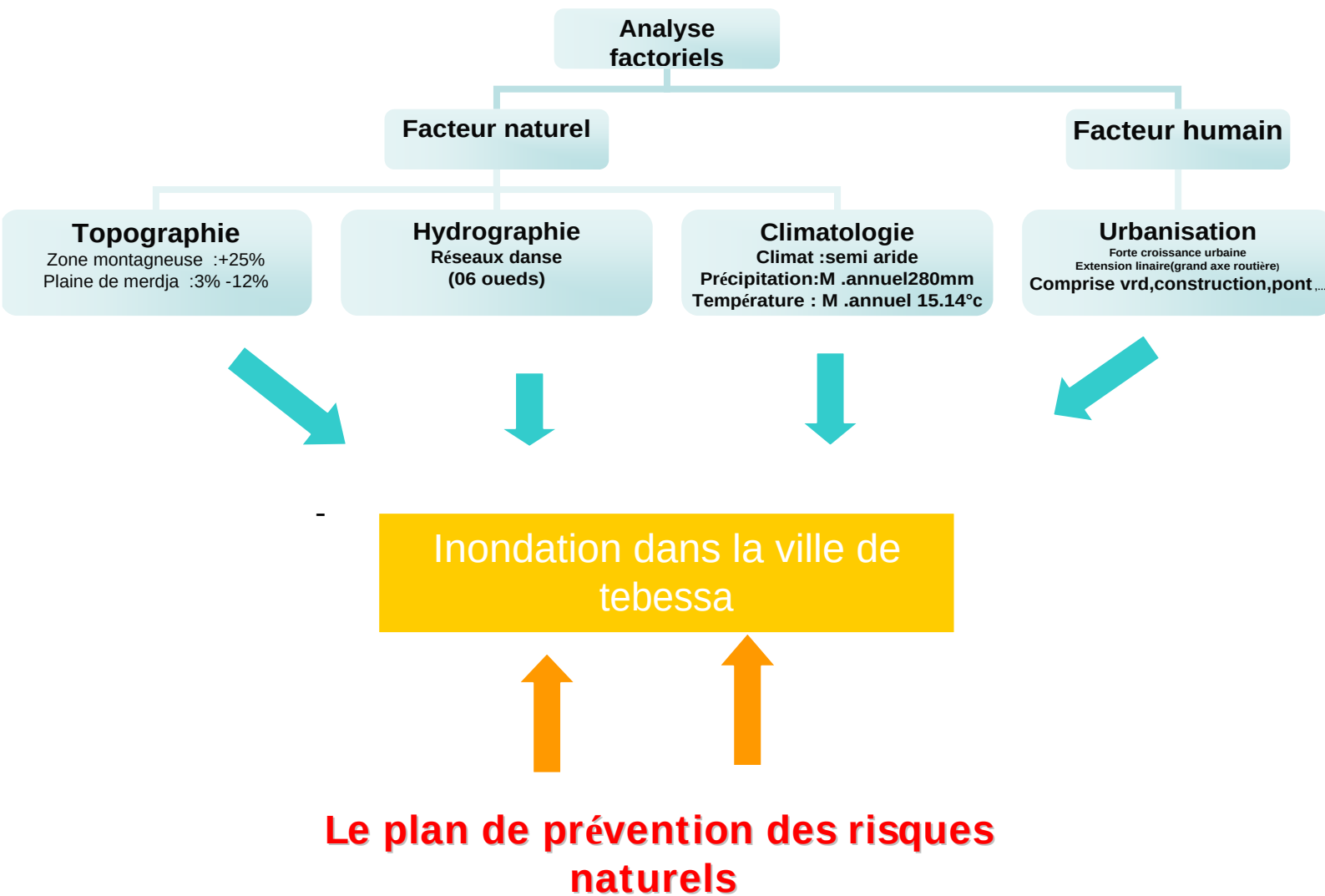
L'analyse de toutes les données hydrologiques a permis de formuler certaines recommandations.

- le premier moyen de lutte contre les inondations des bassins ouest de la ville de Tébessa réside dans la lutte contre le ruissellement des eaux à travers les travaux de défense et restauration des sols.
- Ces travaux consistent à construire une série de diguettes (ou murets) de faible hauteur, perpendiculairement à la pente la plus forte, de façon à obliger l'eau à s'écouler en zigzag entre ces digestes. Ces constructions sont en pierres sèches.
- Le deuxième moyen de lutte, objet de cette étude de la protection, est relatif au recalibrage et reprofilage des oueds.

- Nous soulignons ici que ces deux moyens de lutte sont complémentaires. En effet, dès que la lutte mécanique contre l'érosion commence par le travail de la terre, l'aménagement des oueds et l'accumulation des pierres, il faut autant que possible la compléter par une lutte biologique au moyen de plantes. Ainsi il existe plusieurs possibilités.
- On peut planter des arbres utiles isolés ou en ligne
- On peut établir des haïes d'herbes ou d'arbustes, par exemple ces haïes facilitent l'infiltration.
- Notons que dans les zones où l'eau stagne, il est intéressant de favoriser l'infiltration par tous les moyens possible, en particulier par la plantation d'arbres ou de plantes pérennes enfonçant leurs racines en profondeur.
- Pour assurer le bon fonctionnement du réseau des canaux, une équipe de travail bien organisée et équipée est nécessaire. Cette équipe devra être chargée aussi bien de l'entretien périodique que de missions ponctuelles lors des périodes de pluie ou après.

L'entretien périodique doit comprendre :

- Une inspection fréquente des ponts et des tronçons des oueds et l'enlèvement éventuel de gros objets qui peuvent faire obstacle à l'écoulement des eaux
- l'enlèvement des dépôts au fonds des canaux
- prévoir un système de caniveaux pour le drainage et l'évacuation des eaux pluviales le long de la route nationale
- supprimer les racines à l'aide de micro barrages.
- Compléter l'aménagement par des plantations.



CONCLUSION

Les risques naturels (inondation – séismes- glissement de terrain -Volcans) s'inscrivent aujourd'hui d'une façon fréquente à travers tout le globe terrestre menaçant en permanence l'existence humaine et provoquant des dégâts immenses , ce qui handicape toutes les opérations de développement. Les inondations est l'un des risques majeurs recensé à cause de leur fréquence dans le Temps et l'espace L'Algérie est l'un des pays qui a été confrontée aux effets néfastes des inondations à travers de nombreuses villes telles que, Skikda, Batna, Annaba, Tébessa, Constantine, Alger, Sidi Bel Abbès...Dans cette note, nous analyserons l'exemple de la ville de Tébessa qui a été affectée par des inondations récurrentes au cours de ces dernières années.

- La ville de Tébessa est située dans les sous bassins de Oued-Kébir qui est alimenté par plusieurs Oueds qui s'insèrent dans le tissu urbain. La traversée de ces oueds se fait par de nombreux ponts ou passerelles qui ont favorisées la formation d'embâcles et de débâcles lors des précipitations exceptionnelles des dernières années. Ces formes de perturbations de l'écoulement dans la ville ont engendré des dégâts considérables aux constructions et aux infrastructures avec un déplacement des populations des sites sinistrés.
- L'urgence de l'élaboration d'un plan de prévention des risques (PPR) d'inondations est recommandé particulièrement pour la ville de Tébessa où une grande partie est édifiée dans des zones inondables

QUATRIEME SEANCE :
« MODELISATION – SIG – BASE DE DONNEES »

APPORT DES NOUVEAUX OUTILS D'INVESTIGATIONS POUR LES PREDICTIONS DES INONDATIONS

CHIKH Mohamed * & YOUSFI Djafar *

*Centre National Des Techniques Spatiales
B.P 13 - ARZEW 31200 Algerie
mohamedchikh@hotmail.com

RESUME

Les conditions d'existence d'une inondation dépendent directement du comportement hydrologique d'un bassin versant. Par Conséquent l'étude des champs d'inondation implique la connaissance de certaines caractéristiques physiographiques, météorologiques des bassins versants et la capacité d'évacuation des exutoires qui sont les principaux facteurs d'inondation.

Pour ce faire, nous nous intéressons à la caractérisation spatio-temporelle d'un bassin versant à l'aide d'un S.I.G, la convenance d'un modèle hydrologique de type maillé, avec l'apport des techniques nouvelles (SIG, Télédétection, cartographie numérique), les données météorologiques (hyétogramme), l'hydrogramme simulé à l'exutoire du bassin versant ainsi que la transformation des débits max en hauteur à l'aval du bassin versant.

L'application s'est faite sur un bassin versant non jaugé d'une superficie de 60 km² de Oued Mohgnoun qui se trouve à l'amont de la ville d'Arzew. Il a été discrétisé selon un maillage de 100x100m.

1. INTRODUCTION

Les conditions d'existence d'une inondation dépendent directement du comportement hydrologique d'un bassin versant. Par conséquent l'étude des champs d'inondation implique la connaissance de certaines caractéristiques physio- graphiques, météorologiques des bassins versants et la capacité d'évacuation des exutoires qui sont les principaux facteurs d'inondation.

Pour se faire, nous nous intéressons à la caractérisation spatio-temporelle d'un bassin versant à l'aide d'un S.I.G, la convenance d'un modèle hydrologique de type maillé, avec l'apport des techniques nouvelles (S.I.G, télédétection, cartographie numérique), les données météorologiques (hyétogramme), l'hydrogrammes simulés à l'exutoire du bassin versant ainsi que la transformation des débits max en hauteur à l'aval du bassin versant.

L'application s'est faite sur un bassin versant non jaugé d'une superficie de 60 km² de Oued El Mohgoun qui se trouve à l'amont de la ville d'Arzew. Il a été discrétisé selon un maillage de 100x100 m.

2. ZONE D'Etude

Le choix du site d'étude a été guidé par l'existence d'une cartographie au 1/25000 et d'une image satellitaire TM du 15 mars 1995, la végétation en phase de dégradation, urbanisation croissante et l'apparition des champs d'inondations pour certains épisodes pluvieux. Nous avons opté pour le bassin versant topographique du Oued El Mohgoun. Il est situé à l'Ouest d'Arzew et il est compris entre 35° 47' et 35° 53' en latitude et entre 0°2' et 0°3' Ouest en longitude. Le barrage d'Arzew est considéré comme exutoire du bassin versant.

Le climat est de type méditerranéen: sécheresse de l'été, atténué parfois par quelques orages, maximum des précipitations au printemps et à l'automne, hivers froids rarement enneigés.

La pluviométrie annuelle variant entre 350 et 400 mm et un nombre de jours de pluie par année de 60 à 100 jours. Ce sont en général des pluies de courtes durées et intenses. Le couvert végétal trouve un handicap à son développement à cause de cette faible durée de précipitations, ainsi que l'ensoleillement important qui rend la capacité de stockage des sols très faibles.

L'occupation du sol est très variée et se compose principalement de végétation naturelle, reboisement de pin d'Alep, céréales avec jachère, culture sous serre, maraîchage, arbres fruitiers, terrain nu, bâti et carrières. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 17 °C.

Les bassins versants sont caractérisés par des vents violents avec une direction Ouest - Est.

3. METHODOLOGIE

A chaque fois qu'une pluie importante tombe sur une région donnée du pays, on s'attend à des inondations. Pour appréhender ces dernières, nous devons comprendre le cycle de l'eau et ses diverses interactions avec un milieu physique.

La détermination des crues pour des fréquences données par des mesures limnigraphiques ou par des modèles de simulation hydrologiques peut nous renseigner sur le volume et la propagation des crues. En pratique nous nous trouvons devant le problème de la

transformation du débit en hauteur dans une section transversale déterminée par les conditions topographique.

Avec les données traditionnelles, la cartographie des zones inondables sont déterminées et délimitées par des enquêtes in situ. Elle représente des informations des débordements des oueds qui restent imprécises, approximatives avec des informations ponctuelles et non horo - daté.

Le travail présenté ici tente de montrer une méthode d'utilisation de la cartographie numérique, les modèles numériques de terrain (M.N.T), des systèmes d'information géographique basé raster et la transformation de données acquises par télédétection en données utiles dans la modélisation hydrologique déterministe de type conceptuel, distribué et maillé et la transformation des débits en hauteur. La visualisation des zones affectées par les inondations a été faite sur le modèle numérique du terrain et la carte d'occupation du sol.

4. ANALYSE INTEGREE DES DONNEES

Plusieurs auteurs confirment l'application de la télédétection et des systèmes d'information géographiques dans le domaine des prédictions des crues et de la cartographie des inondations.

L'intérêt de la mise en oeuvre du Modèle Hydrologique Maillé dans le cadre de ce travail est de prendre en considération la distribution spatio-temporelle des données géocodées par discrétisation en maille carrée régulière. Il présente une analogie avec la représentation des données dans un système d'information géographique matricielle et les données de télédétection.

La modélisation hydrologique employée s'appuie les caractéristiques telles que la taille de la maille, l'affectation du sol, la fonction de production et la fonction de transfert sont, avec le M.N.T, les facteurs principaux à prendre en compte et à la manipuler avec intelligence et prudence. L'organigramme de la figure 1 montre le principe de la modélisation hydrologique employée dans le cadre de ce travail par la superposition des couches d'information.

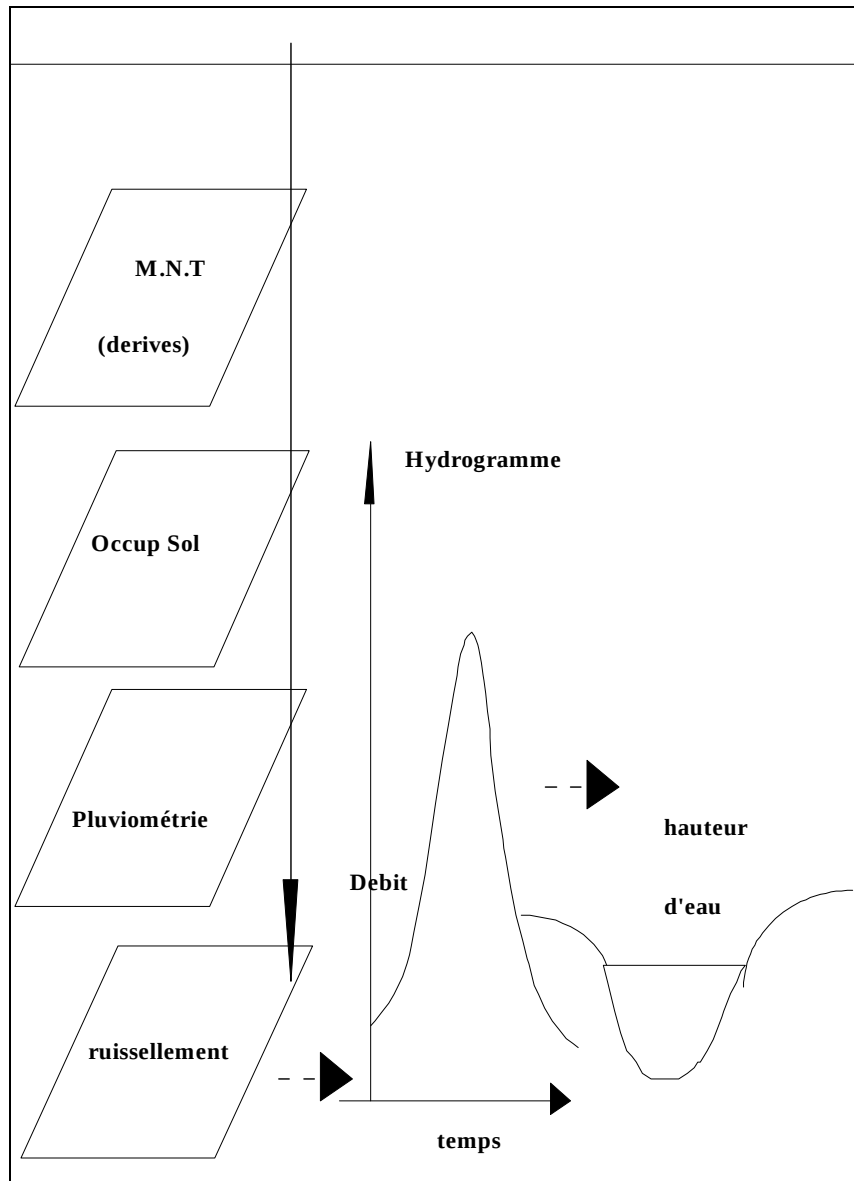


Figure 1: le principe de la modélisation hydrologique par la superposition des couches d'information.

Le domaine des S.I.G est en pleine expansion de nos jours, dont le coeur est une base de données à référence spatiale et numérisées. Ils sont considérés comme un système informatique permettant à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace. Dans le cadre de ce travail plusieurs logiciels ont été utilisé pour préparer les bases de données physiographiques et

météorologiques nécessaire à la simulation d'un écoulement à l'échelle d'un bassin versant.
(Idrisi; Arc/Info, Modèle Hydrologique Maillé)

4.1 Données physiographiques: L'estimation des caractéristiques physiques des bassins versants a été effectuée à partir des données cartographique (carte topographique au 1/25000) et les données acquises par télédétection de l'image satellitaire Landsat TM du 15 mars 1993 de la région d'arzew.

4.1.1 Modèle Numérique du Terrain et couches dérivées : Un modèle numérique du terrain image a été réalisé à partir des courbes de niveaux avec une résolution 100x100 m .Le choix de la taille de la maille a été déterminé avec l'objectif de notre travail et pour une discrétisation plus au moins grossière. L'objectif est de créer une valeur d'altitude en chaque maille.

L'utilisation d'un M.N.T dans un Modèle Hydrologique Maillé impose le respect d'un critère fondamental: Il doit permettre l'écoulement de l'eau d'amont à l'aval. (drainant). Pour remédier à cette situation nous devons traiter des minima locaux issus des techniques d'interpolation. L'opération consiste à combler les "trous" jusqu'au niveau le plus bas des mailles périphériques afin de trouver une issue de sortie pour les eaux de la maille centrale.

La méthode la plus communément utilisée consiste à établir quatre (04) principaux niveaux de données (matrices): le modèle numérique du terrain image, le M.N.T sans "trous", direction des écoulements et le réseau de drainage.

L'élaboration chronologique des quatre étapes a été réalisée à l'aide du S.I.G Arc Info station:

- le M N T "brut": il est considéré comme fichier des données de base pour l'aboutissement au raisonnement et comme point obligé dans ce travail.

- le M.N.T filtré et sans "trous" (traité): les techniques d'élaboration des M.N.T produisent des modèles qui ne sont pas hydrologiquement consistants, c'est à dire exempts de minima locaux. Ces derniers sont plus fréquents dans les zones de plateaux et dans les talwegs. L'étude des minima locaux s'avère nécessaire. La morphologie mathématique permet d'envisager une réponse à ce problème avec la création des courbes intermédiaires par squelettisation de surfaces comprises entre deux courbes successives. Nous notons qu'en pratique l'utilisation d'un filtrage des données associées à une augmentation de résolution élimine déjà une bonne partie des minima locaux. Une fois les minima locaux traités, nous

aurons un M.N.T filtré et sans "trou" et un modèle hydrologique consistant avec un M.N.T drainant.

- la direction des écoulements: La direction d'écoulement pour une maille est la direction de la sortie de l'eau de celle-ci. L'objectif consiste à faire ruisseler toutes les mailles du modèle numérique du terrain traité jusqu'à l'exutoire du bassin versant et enregistrer leur direction. Parmi les huit possibilités de directions, nous retiendrons la direction de la pente maximale: le taux maximum de variation de l'altitude et l'exposition (orientation ou aspect) qui correspond au gisement de la direction du gradient. D'après la morphologie du terrain trois classes de pentes ont été déterminées 0-10 %, 10- 20%, > 20%. La répartition des surfaces par classe de pente pour les bassins versants d'Arzew est donnée dans le tableau ci-après (tableau 1):

	Class	%Class
Class 1	0-10%	58.04%
Class2	10-25%	33.33%
Class3	>25%	8.63%

Tableau 1: La répartition des surfaces par classe de pente
pour les bassins versants d'Arzew.

- Le réseau de drainage: Il représente, pour chaque maille cible, le nombre de mailles qui déversent dans celle-ci ainsi que le cheminement de l'eau. Plusieurs méthodes ont été utilisées. Ces méthodes consistent à créer un fichier de même format que le M.N.T où l'inscription d'une trajectoire dans le fichier incrémente les valeurs de passage de la trajectoire de (01). De cette façon, on pourra connaître pour chaque maille du bassin versant le nombre de mailles qui sont drainées. Cela revient à dire qu'un écoulement de type rivière apparaît avec la spécification de la surface à drainer. Il faut donc rechercher un seuil compris entre la taille de la résolution et la surface du bassin versant permettant de restituer le chevelu hydrographique. Pour un seuillage égale à la résolution de la maille, on obtiendra la limite du bassin versant. Par contre, la recherche d'un seuillage approprié est nécessaire pour avoir la correspondance entre les rivières cartographiées et celles obtenues par extraction automatique. Les résultats obtenus sont satisfaisants:

- Le réseau hydrographique extrait du M.N.T avec le choix d'un seuillage adéquat, extrait de l'imagerie satellitaire qui peut amélioré sa hiérarchisation et numérisé à partir de la carte topographique sont très proches.

- Pour une résolution de 100 x 100 m la surface du bassin versant extraite automatiquement est de 61,30 Km². et la surface numérisée manuellement sur table à digitaliser est de 59.9 km².

4.1.2 Occupation du sol par Télédétection: les modifications affectant la couverture végétale d'un bassin versant donné, qu'elles soient d'origine anthropique ou naturelle, ont une influence plus au moins directe sur la relation existant entre les précipitations et les écoulements de surface. Pour des pluies de même fréquence, l'évolution des hydrogrammes et des zones inondables sont tributaire au changement de l'occupation du sol. Les classes d'occupation du sol nécessaires à la modélisation ont été tirées à partir de l'image satellitaire LANDSAT TM du 15 mars 1993 du bassin versant d'Arzew. Les classes ont été choisies par rapport à la production du ruissellement et caractérisées par des attributs nécessaires à la modélisation: Bois et Forêts, Cultures, Sol Nu, Bâti. Elles ont été obtenues par une classification supervisée basée sur la méthode de maximum de vraisemblance.

La répartition des surfaces par classe d'occupation du sol après fenêtrage par la limite du bassin versant est donnée par le tableau ci-après (Tableau 2):

classes	surfaces (Km ²)	%classe
Bâti	9.47	15.46
Cultures	16.03	26.17
Bois&Forêts	26.01	42.46
Sol Nu	9.75	15.92

Tableau 2: La répartition des surfaces
par classe d'occupation du sol

4.2 Données météorologiques: Il est important de préciser que dans le Modèle Hydrologique Maillé, chaque épisode pluvieux est considéré séparément.. Dans le cadre de notre travail, nous avons déterminé d'un hyétogramme de la pluie de projet avec l'apport des caractéristiques quantitatives les plus usuelles des pluies à savoir les paramètres des courbes Intensité - Durée - Fréquence (IDF). Ce procédé est utilisé actuellement dans la plupart des études hydrologiques comme entrée de toute forme de modèle hydrologique.

Nous avons exploité la donnée des stations pluviométrique de la région d'Arzew pour la construction de notre hyétogramme avec l'ajustement de la loi de Talbot et l'application de la formule de CHICAGO pour les périodes de retour de 5, 10, 20 ,50 ans. Les paramètres d'ajustement de la loi de Talbot pour de différentes périodes de retour se trouvent dans le tableau ci-après (Tableau 3).

	Paramètres		
Periode de retour (ans)	a(T)	b(T)	c(T)
5	209.47 9	0.04362	0.668 8
10	278.06 7	0.223	0.702
20	320.8	- 0.014	0.706
50	398.8	-0.007	0.729
100	396.4	0.431	0.757

Tableau 3: Paramètres d'ajustement de la loi de Talbot.

5. PREDICTION DES CRUES ET CARTOGRAPHIE DES CHAMPS D'INONDATION

Pour la détermination du débit de ruissellement dans l'application du Modèle Hydrologique Maillé, nous avons besoin de la combinaison de la fonction de production histogramme des classes hydrologiques distribuées par isochrones et l'hyétogramme de pluie.

Dans notre étude, les fonctions de transfert et de production sont estimées par hiérarchisation logique des coefficients et vitesses de ruissellement (m/s) en fonction de la couverture du sol et la pente (voir tableau 4). La vitesse et le coefficient de ruissellement sont importants dans les oueds d'où la nécessité de faire apparaître la classe rivière (oued) et que l'estimation de ces fonctions relève d'une connaissance empirique basée sur l'expérience.

classes	Coeff. de ruissellement			vitesse de ruissellement		
	0-10%	10-25	>25 %	0-10%	10-25	>25%
Bâti	0.20	0.22	0.25	0.15	0.30	0.60
Culture	0.04	0.05	0.04	0.10	0.40	0.20
Forêt	0.02	0.03	0.04	0.80	0.16	0.30
Sol Nu	0.07	0.08	0.09	0.10	0.20	0.40
Oued	0.80	0.90	1.00	1.00	1.20	1.60

Tableau 4: Paramètres des fonctions de production et de transfert

Les débits simulés pour chaque période de retour 5, 10, 20, 50, et un pas de temps inter isochrone de 15 minutes sont représentés à la figure 2. Les trois premières courbes de la figure correspondent aux hyétogrammes obtenus par l'application de la méthode de Chicago avec un pic placé à 25%, 50% et 75% de la durée de l'averse. La représentation sur une même échelle de temps est traitée par commodité de présentation. Faute des stations de jaugeage sur l'Oued El Mohgoun, nous n'avons pu caler notre modèle.

Le débit simulé qui arrive à l'exutoire doit être transformé en hauteur d'eau et comparé à la faculté d'évacuation des eaux pluviales par du Oued El Mohgoun. Dans ce cas là, le profil en long pour la détermination de la pente du Oued et le profil en travers en une section du Oued pour la détermination de la section mouillée, le périmètre mouillé et le tirant sont exigés. La superposition du M.N.T et du réseau hydrographique, nous a permis d'établir le profil en long et une mission de terrain pour l'établissement des profils en travers

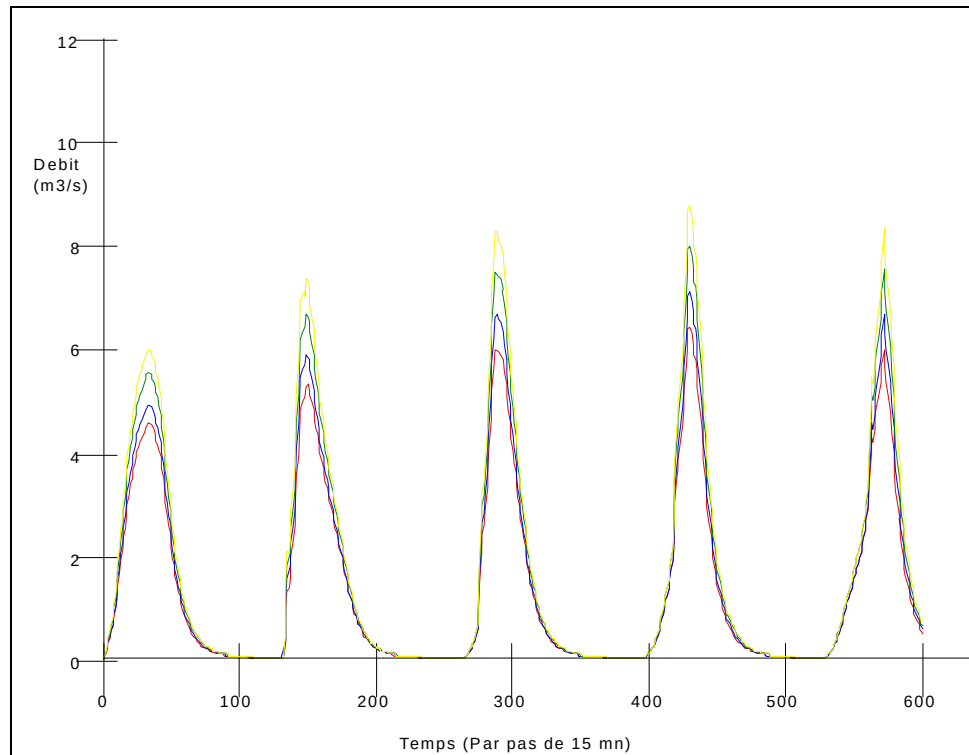


Figure2: Les débits simulés pour chaque période de retour 5, 10, 20, 50 ans.

Pour la période de retour de 100 ans et l'application de la formule de Manning Strickler, nous avons constaté que l'Oued El Mohgoun sort de son lit pour inonder la plaine de la rive droite et quelques constructions illicites de la rive gauche. La hauteur d'eau calculée dépassait le tirant d'eau de 1,50 m. La visualisation des zones affectées par les inondations a été faite sur le modèle numérique du terrain et la carte d'occupation du sol à l'aval du point de mesure. Ce zonage peut être confirmé par la cartographie par télédétection des zones inondables et par conséquent un moyen de calage du modèle de simulation.

Pour la cartographie des zones inondables, l'emploi d'une classification et du type du satellite dépendra des difficultés rencontrés pour la séparation des zones immergées, humides, non touchés, les caractéristiques des satellites (temps de passage, résolution, etc.) et la phase d'inondation.

La durée de transformation de crue en inondation (débordement, stagnation, impact) est nécessaire pour le choix de l'imagerie satellitaire et son l'interprétation.

6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Il est prématuré de présenter actuellement des résultats définitifs et complets sur l'ensemble de la thématique. Il apparaît qu'un suivi des conditions du milieu et en particulier la couverture végétale par télédétection des bassins versants peut aider à définir les zones

sensibles à l'inondation et des régions prioritaires pour des aménagements à des fins hydrologiques. Ce travail constituera un maillon d'une base de donnée sur les paramètres hydrologiques d'un bassin versant.

Le Plan Directeur d'Aménagement Urbain (P.D.AU) récemment établi pour la daïra d'Arzew pourra constituer une occupation du sol des bassins versants pour appréhender l'impact des crues en inondations et par conséquent l'étendue des zones affectées.

Plusieurs données nécessaires à la modélisation hydrologique peuvent bénéficier de l'apport de la télédétection. Des travaux sont en cours en ce qui a trait à la cartographie des zones inondables à l'aide des données d'images NOAA et des données radar.

La plupart des oueds algériens ne sont pas jaugés pour connaître les crues et caler des modèles hydrologiques. La télédétection peut être un outil très intéressant pour déterminer la cartographie des champs d'inondation et la carte d'occupation du sol.

7. REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- **BATARDY J., PERSOONS E. (1984):** Mise en oeuvre d'un modèle de ruissellement sur micro-ordinateur, Université Catholique de Louvain - Pub. Dépt. GERU, Louvain-la-Neuve, Belgique.
- **CHIKH M., (1995):** Modélisation hydrologiques maillée d'un bassin versant topographique à l'aide d'un SIG - Application aux bassins versants d'Arzew (Algérie) et de Houffalize (Belgique) Thèse de magister, Centre National des Techniques Spatiales d'Arzew, Algérie
- **DEPRAETER C. (1990):** Seuillage du réseau hydrographique à partir de modèle numérique de terrain en fonction de critère de surface drainée - Troisième journée U.L.M - Montpellier, O.R.S.T.O.M.
- **GOLAY F. (1992):** Modélisation du système d'information à référence spatiale et de leurs domaines d'utilisation spécialisés - aspects méthodologiques, organisationnels et technologiques -. Thèse de doctorat, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse.
- **LUO J., CHIENG S.T., KENG J. (1991):** Application of GIS to design flow determination - Canadian society of agricultural engineering - paper n° 91-122: 22p.
- **SOIL P.J. and ANSOULT M. (1990):** Automated basin delineation from digital elevation models using mathematical morphology. Signal processing 20 - Elsevier - pp. 171- 182.
- **PUECH C. (1991):** télédétection appliquée à la gestion des grandes périmètres irrigués - Impact des inondations synthèse, CEMAGREF/ ENEGREF - France.

INTEGRATION ET EXPLOITATION DES DONNEES ALSAT-1POUR LA GESTION ET LE SUIVI DES INONDATIONS.

KEBIR Lahsen Wahib*

* CNTS, BP :13 Arzew Oran ALGERIE
E-Mail : wahib_kdz@yahoo.fr

RESUME:

Ces catastrophes sont généralement fortement médiatisées, les données de télédétection ont servi à visualiser l'étendue des dégâts. Mais cette technologie, peut-elle aider à la prévention et à l'évaluation des risques naturels ?

L'imagerie satellite pourrait servir au dimensionnement géographique de l'aléa à savoir un événement de grande dimension (nationale) ou de petite dimension (locale ou régionale).

L'image de télédétection peut localiser le phénomène et constituera donc une nouvelle couche d'information qui s'ajoutera aux différentes données exogènes (données climatiques, cartographiques etc....). Ces images serviront, pour le cas des inondations, à fournir des observations qualitatives, afin d'estimer l'ampleur de l'aléa. Pour le suivi de l'inondation, il est judicieux d'avoir comme support des images de télédétection prises à des dates différentes (avant, pendant et après) afin d'établir une cartographie des zones à risque.

INTRODUCTION

La gestion du territoire nécessite une connaissance précise des zones sensibles aux catastrophes naturelles, en terme économique, social et humain.

L'ampleur des catastrophes naturelles observées dans le monde exige de poursuivre sans relâche la prévention pour diminuer leur impact. Il est donc nécessaire de développer et améliorer les modèles de prévision, les outils de surveillance et d'élaborer des mesures réglementaires et des plans d'urgence en cas de catastrophes. Les images satellitaires fournissent à ces activités les informations fiables, actualisées, objectives et faciles d'accès, dont elles ont besoin dans des délais très courts.

Plusieurs utilisateurs des données de télédétection ont besoin d'information durant une crise; ils ont donc besoin de données en temps réel. Le délai de traitement et de livraison est moins important pour les utilisateurs qui travaillent dans la modélisation hydrologique, dans

les études d'étalonnage et de validation, dans l'évaluation des dommages, et dans la planification de moyens d'atténuation des inondations. Les inondations sont habituellement de courte durée et surviennent généralement durant des périodes de mauvais temps; Les données de télédétection permettent de bien discerner les surfaces de terre des surfaces d'eau, ce qui permet la cartographie rapide des limites de l'étendue des inondations.

APPROCHE ADOPTÉE :

L'approche adoptée repose sur le traitement des images ALSAT-1 disponibles et mises à notre disposition pour les périodes avant, durant et après les inondations c'est le cas de la Camargue.

Les traitements réalisés ont suivi le cheminement classique pour toute approche par télédétection.

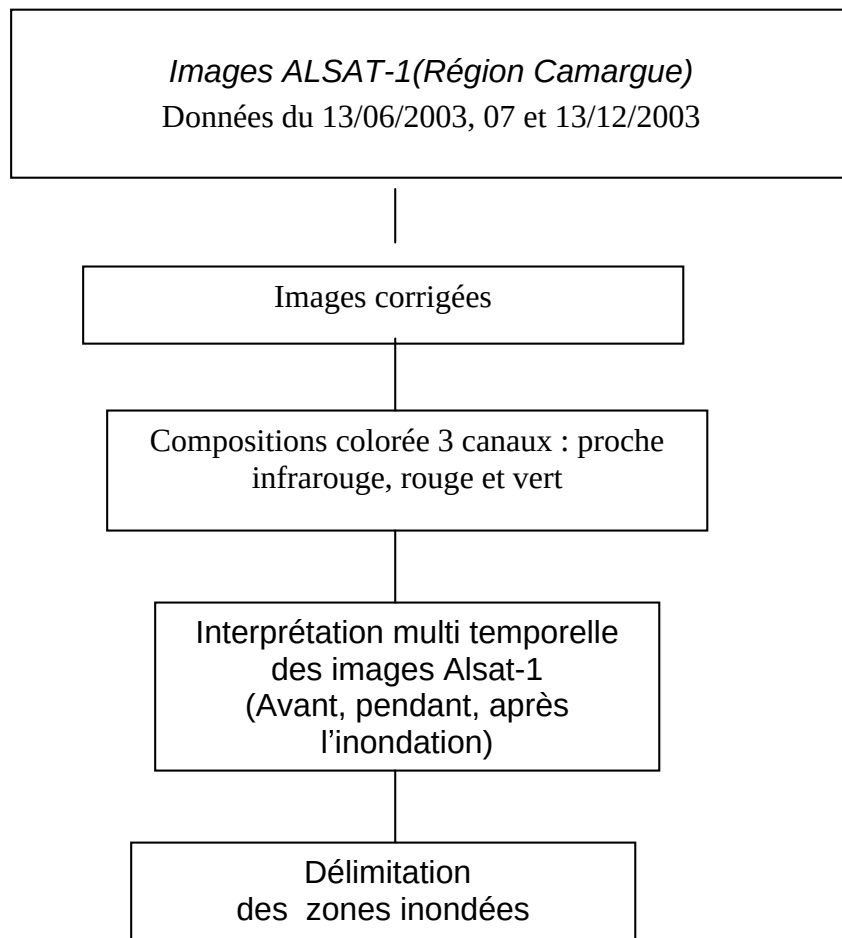
La première étape a été de découper les images qui sont de grandes tailles, de l'ordre de 10000 x 5000 pixels, en plusieurs sous images, ce découpage répondant à des critères géographiques.

La deuxième étape a consisté en une correction géométrique de ces données images. Cette étape passe au préalable par une reconnaissance d'un certain nombre de points sur image (points amers) assez caractéristiques (intersections de routes, affluents d'oueds...) sur image, dont on relève les coordonnées image et leur coordonnées correspondantes sur cartes topographiques. A ceux-ci on applique un modèle d'interpolation qui permet de redresser l'image, de la rendre superposable à tout référentiel cartographique.

Notre interprétation s'est faite sur la base d'une composition colorée qui a été élaborée à partir de la superposition des trois canaux proches infrarouges, rouges et verts des données ALSAT-1 avec l'affectation des trois couleurs primaires dans l'ordre respectif rouge, vert et bleu. Ce traitement a permis de faire ressortir les différents thèmes existants dans la nature dans les teintes suivantes :

- La végétation en rouge,
- Les sols nus en clair,
- Les agglomérations en bleu - gris,
- Les plans d'eau en sombre.

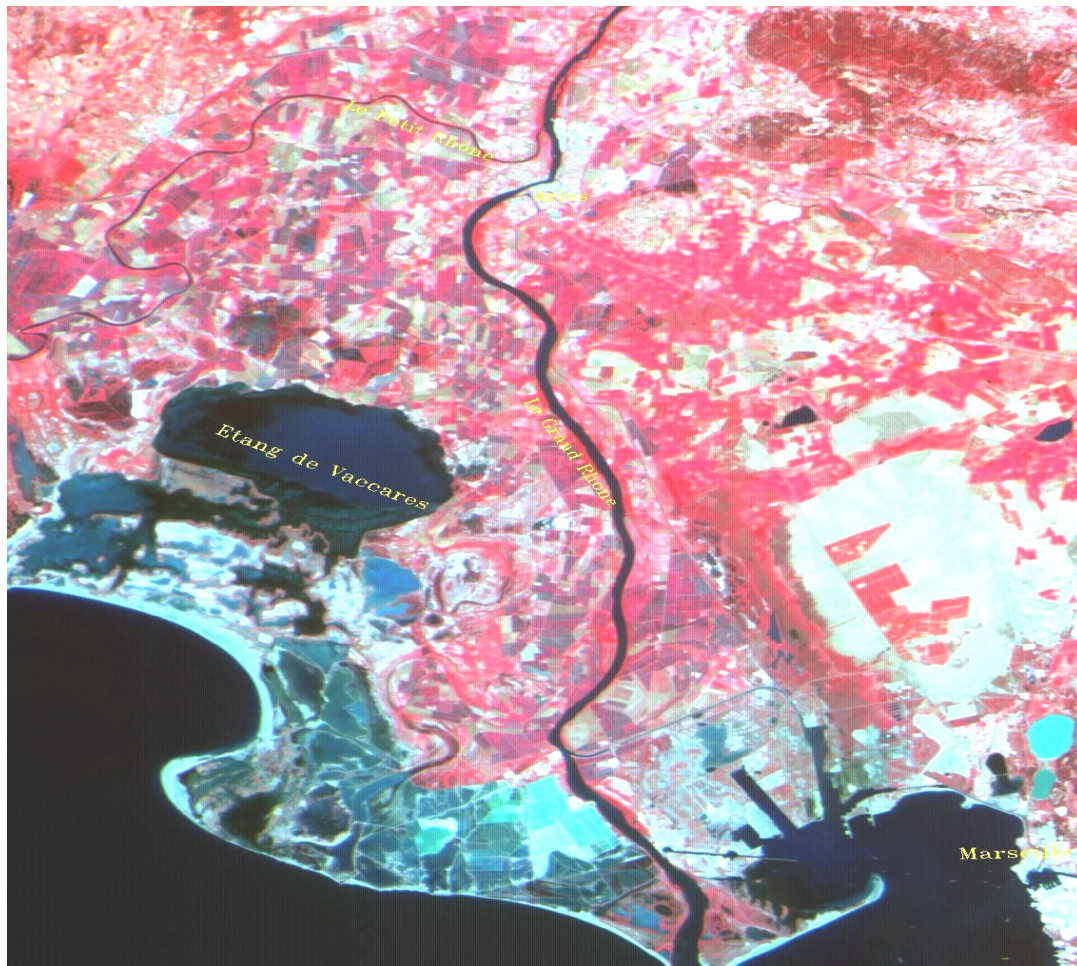
A partir de la reconnaissance de ces zones inondées sur images, leur délimitation a été faite, ainsi que le calcul de leurs superficies.



Chaîne de traitement utilisée sur les images Alsat-1 pour la délimitation des zones inondées

Une crue importante s'est produite à partir du 07 et 08 Décembre 2003 à la suite de pluies intenses dépassant sur une grande partie de la Camargue. Les vagues poussées par les vents violents ont fait par ailleurs obstacle à l'évacuation des eaux.

Des pluies de ce type se sont déjà produites par le passé, soit sur la région, soit sur le pourtour méditerranéen. On recense trois ou quatre crises de ce type chaque siècle. Les dégâts matériels et les pertes humaines ont été considérables.



**Composition colorée de l'image Alsat-1 de la région de la Camargue du
15/06/2003**

L'image Alsat-1 de la région de la Camargue (Sud-est de la France) montre un type d'occupation des sols caractérisée par un petit parcellaire des zones urbaines telles, Arles au Nord-est , Marseille au Sud Est et Nîmes au Nord Ouest. Région Caractérisé par son important cours d'eau qu'est le grand Rhône et son affluent le Petit Rhône. De nombreuses zones humides littorales sont identifiables dans une plaine à très faible pente entourée de reliefs qui ont drainé rapidement le trop plein de précipitations vers la plaine.



Image Alsat-1 de la région de la Camargue du 07/12/2003

L'image Alsat-1 du 07 Décembre 2003 montre l'extension des crues montre des crues dans les parties basses entre la ville Arles au Nord Est et l'étang des Vaccarès au Sud Ouest.

Dans les parties amont il existe encore de grandes zones inondées ou portant des traces d'inondation, que ce soit le long du cours du Grand Rhône ou au Nord nord-est de l'agglomération d'Arles. L'information remarquable de cette image est représentée par les zones inondées de très grande étendue au Nord de l'étang des Vaccarès.

Les différences de couleur entre les deux images sur les étangs des Vaccarès et le long du cours du Grand Rhône montrent des eaux turbides à fort contenu en alluvions. De plus, la modification des contours (débordement) est particulièrement visible autour de l'étang des Vaccarès et au niveau de la localité d'Arles où l'on remarque des débordements de part et d'autre du Grand Rhône.

**INTERPRETATION MULTI TEMPORELLE A PARTIR DES IMAGES
ALSAT-1 DES INONDATIONS DANS LA REGION DE LA CAMARGUE.**



Avant l'inondation



Pendant l'inondation



Après l'inondation

Les 03 images ci dessus permettent de faire une étude multi temporelle afin de bien cerner les zones touchées par l'inondation.

Celle du 13/06/2003 montre l'état de la région avant l'inondation, puis vient celle du jour de l'inondation l'on remarque nettement le changement sur l'image puisque les réponses spectrales sont totalement différentes cette différence est visible surtout tout le long du grand

Rhône et aussi au niveau de l'étang des Vaccarès caractérisé par des débordements. Enfin l'image qui vient 08 jours après les inondations montre clairement une réduction des zones inondées donc une décrue qui commence à se faire.

CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDEES



Image Alsat-1 avec délimitation des zones inondées.

L'étude multi temporelle des images de télédétection Alsat-1 montre clairement toutes les zones touchées par les eaux causées par l'inondation, et donc à la cartographie de celles-ci qualitativement et quantitativement en terme de superficies.

CONCLUSION

Cette méthode qu'est l'étude multi temporelle pour la cartographie des zones inondées est très simple et s'avère très intéressante quand aux résultats obtenus dans un délai très court, surtout en période de catastrophe pour d'une part avoir un premier constat de la situation afin d'évaluer les dégâts occasionnés par l'aléa, et d'autre part, cet outil (télédétection) pourrait être utilisée comme première approche afin de déterminer les zones particulièrement menacées par les inondations.

DES PLUIES ANNUELLES MOYENNES AUX PLUIES JOURNALIERES EXTREMES : APPROCHE A L'AIDE DE LA CARTOGRAPHIE AUTOMATIQUE APPLIQUEE A L'EST ALGERIEN

MEBARKI A Azzedine *

*Université de Constantine, Faculté des Sciences de la terre,
de Géographie et d'Aménagement du territoire
mebarki_azzedine@yahoo.fr

INTRODUCTION

En Algérie du Nord où domine un climat de type méditerranéen, les précipitations se caractérisent par une forte variabilité spatio-temporelle. Elles constituent, par ailleurs, le facteur le plus fortement explicatif des régimes hydrologiques des cours d'eau...

D'où l'intérêt d'une cartographie qui soit tout à la fois objective et reproductible. Appliquée à l'Est algérien, région connue pour être la plus arrosée du pays mais où les contrastes géographiques sont des plus forts, la cartographie des précipitations annuelles médianes est susceptible d'être étendue aux pas de temps mensuel et même journalier (pluies journalières maximales annuelles).

- Cette connaissance étant fondamentale pour l'étude et la prédétermination des phénomènes de crue
- Au-delà du traitement des données de base, il est apparu nécessaire de quantifier les variables géo-topographiques (M.N.T.), et d'appliquer des interpolations purement spatiales aux seuls paramètres (résidus) physiquement non expliqués
- Les cartes réalisées constituent à la base des grilles d'information qui sont prêtes à être utilisées dans un Système d'Information Géographique (S.I.G.).

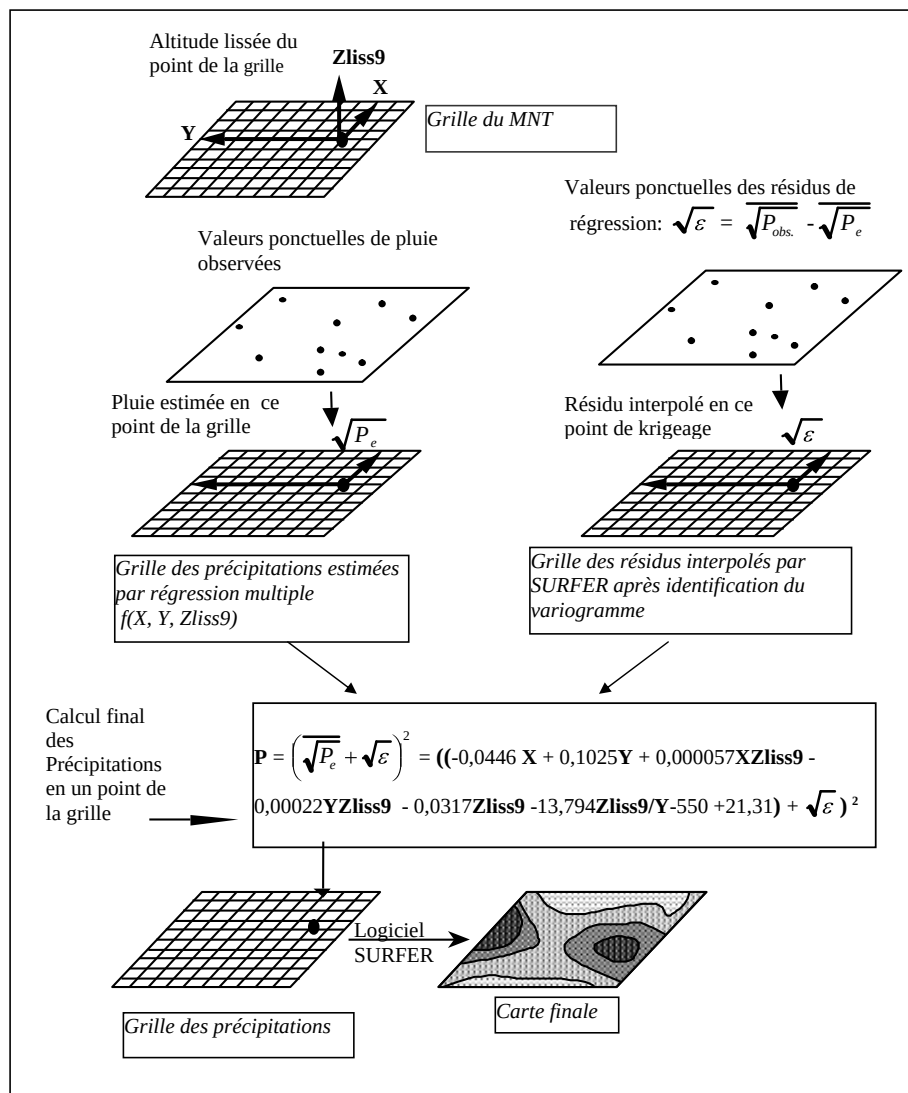
De la cartographie classique, les travaux réalisés auparavant se basaient sur l'interpolation manuelle du contour des isohyètes à partir des données mesurées aux stations, en s'appuyant sur un fond hypsométrique : Seltzer P. (1946 : 1913 - 1938); Gaussen H. (1948: 1913-1947 [2]; Chaumont M. et Paquin C. (1971: 1913-1963), ...à la cartographie assistée par ordinateur

1-LES ETAPES D'UNE DEMARCHE NOUVELLE:

- ❖ Constitution d'une BASE DE DONNÉES pluviométriques homogènes
- ❖ Le relief pris en compte à travers le M.N.T. → MAILLAGE X, Y, Z
- ❖ Régression pluies - relief et calcul de P estimé en tout nœud du maillage → GRILLE DES P ÉSTIMÉES
- ❖ Les résidus : $\varepsilon = P_{\text{obs}} - P_{\text{estimée}}$ par l'équation de la régression multiple;
Calcul du variogramme + interpolation (grille des résidus) → GRILLE DES RÉSIDUS
- ❖ Enfin, cartographie des isohyètes à partir de la grille finale de P (Grille des P estimées +Grille des résidus)

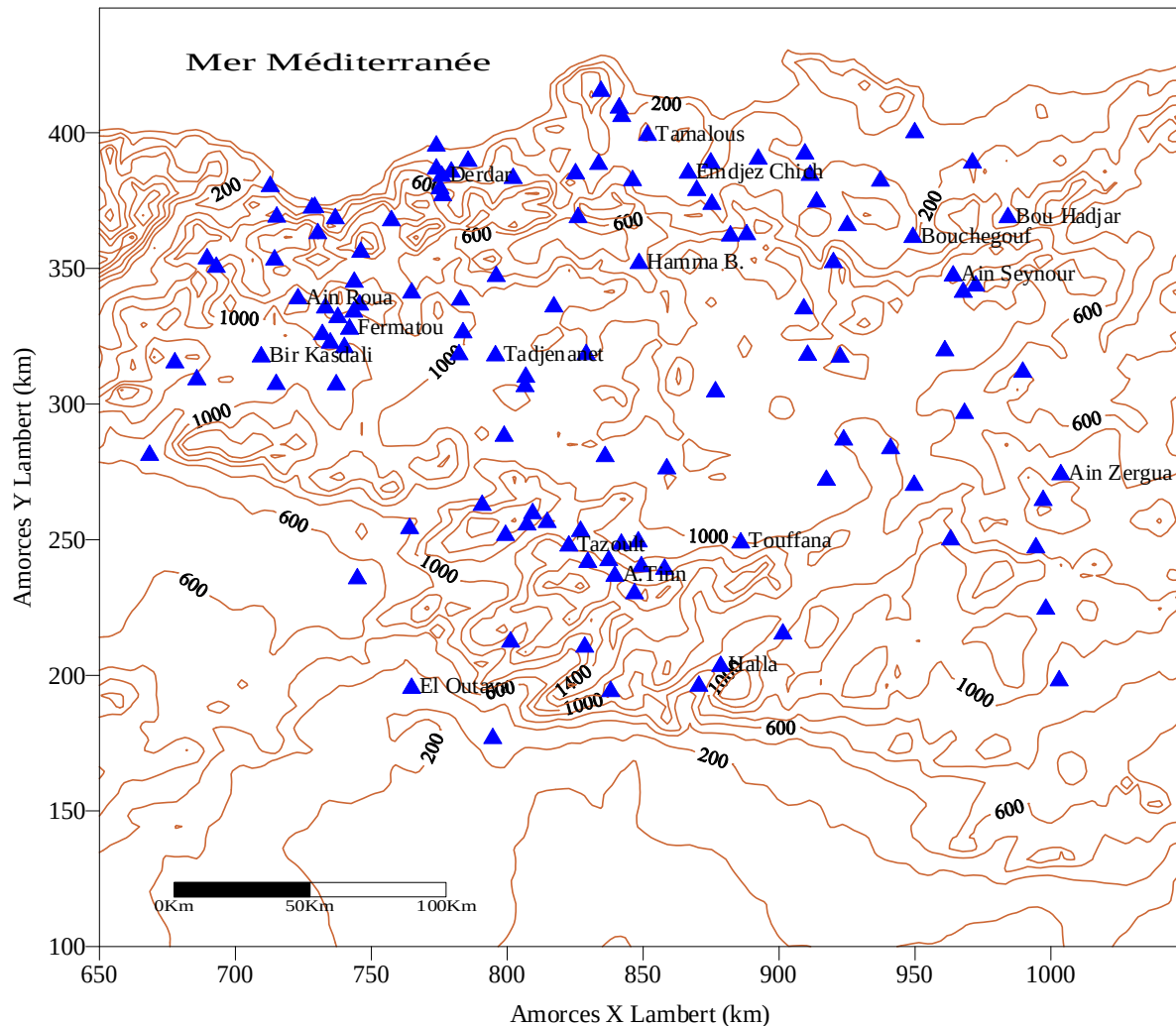
$$P_{\text{CARTO}} = P_{\text{ÉSTIMÉE}} + \text{RÉSIDU INTERPOLÉ}$$

Etapes de construction de la carte des pluies



2. BASE DE DONNÉES PLUVIOMETRIQUES

2.1. Le réseau pluviométrique



2.2. Traitement des données : homogénéisation

- **Reconstitution des données manquantes:**

Technique de comblement des lacunes consiste à établir des régressions multiples successives entre les valeurs mensuelles observées et les vecteurs régionaux issus d'une A.C.P.

Il devient alors possible de reconstituer chaque observation manquante par une nouvelle valeur estimée $xe1(i, j)$:

$$xe1(i, j) = Mx1(j) + Sx1(j) * ((a1(1, j) c1(i, j) + a1(2, j) c1(i, 2) + a1(3, j) c1(1, 3))$$

Les valeurs $x_{e1}(i, j)$ sont de meilleures estimations que $M_{x0}(j)$ car elles tiennent compte des observations aux autres stations pour l'année j . L'on peut donc réitérer le processus en remplaçant dans la matrice x_0 chaque mois $M_{x0}(j)$ par les $x_{e1}(i, j)$ adaptés.

On obtient ainsi une nouvelle matrice (x_1) ; on recommence alors une ACP sur la nouvelle matrice x_1 permettant d'obtenir de nouvelles valeurs estimées $x_{e2}(i, j)$ sur la base des nouvelles matrices des projections sur les variables c_2 et sur les observations a_2 , des moyennes et des écarts-types. Le processus se stabilise après un certain nombre d'itérations (nous sommes allées jusqu'à 15 itérations au total).

- la pluie annuelle médiane, variant entre 88 mm dans le piémont saharien et 1633 mm dans le massif de la Kabylie de Collo.

L'écart type : 290 mm et le coefficient de variation (C_v) inter postes : 0,57. C_v est de 0,29 en moyenne, oscillant géographiquement entre les valeurs extrêmes de 0,12 dans le Nord (Oum Toub et Zitouna) et 0,83 dans le Sud (Bordj Sbeikia).

3. LE RELIEF VU À TRAVERS LE M.N.T.

3.1. MNT lissé et maillage kilométrique Lambert

- Traitement d'une image satellitale
- Conversion des coordonnées géographiques en coordonnées Lambert et constitution d'un maillage de $1 * 1$ km ou $2 * 2$ km
- Calcul des altitudes lissées **Zliss**:

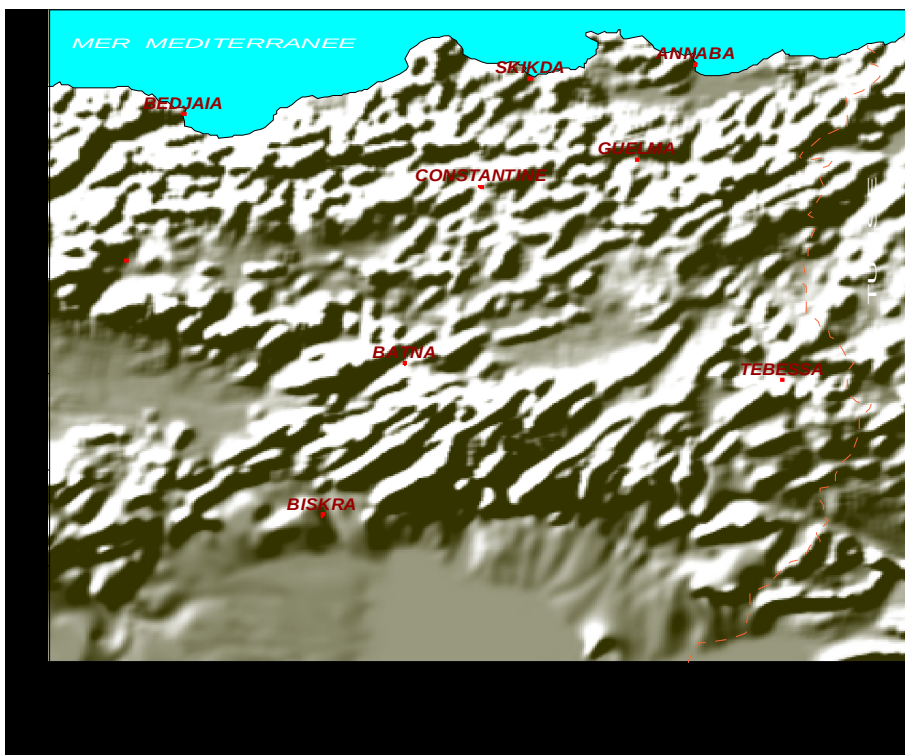
Sur un maillage régulier, on extrait neuf noeuds (soit une fenêtre de $3 * 3 = 9$ mailles couvrant une surface de 36 km² concernant un MNT d'un pas de 2 km). L'altitude lissée d'un point M (la station pluviométrique) correspond à la valeur maximale parmi la cote réelle (Z_M) et les quatre cotes obtenues par interpolation des huit nœuds les plus proches

$$Z_{liss} = \max(Z_M, \frac{Z_1 + Z_8}{2}, \frac{Z_2 + Z_7}{2}, \frac{Z_3 + Z_6}{2}, \frac{Z_4 + Z_5}{2})$$

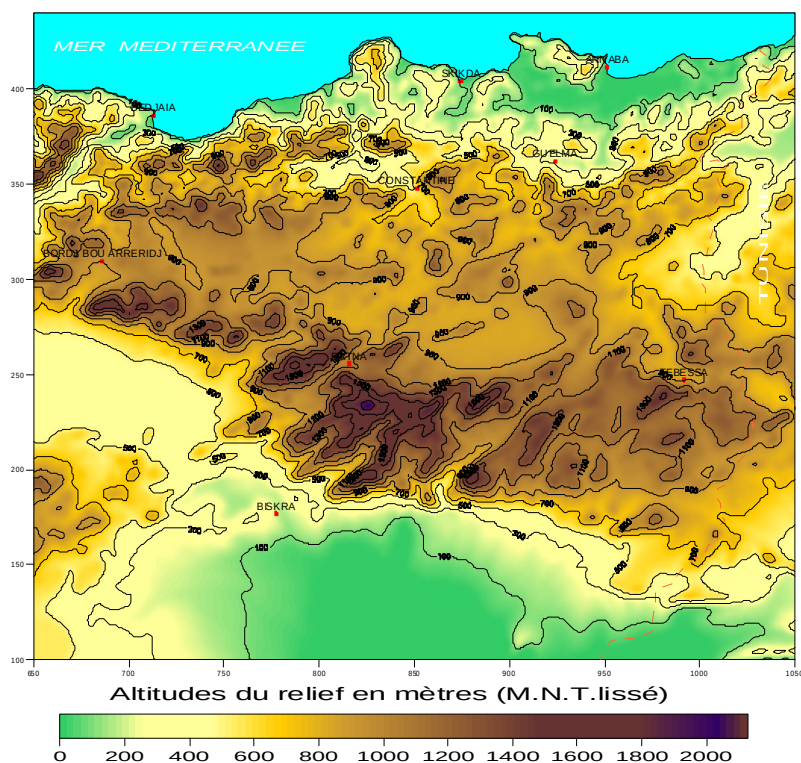
Z 1	Z2	Z3
Z4	Z M	Z5
Z6	Z7	Z8

3.2. Modèle numérique de terrain de l'Est algérien

MNT lissé de l'EST algérien: shaded relief map



contours Map



4. CARTOGRAPHIE DES PLUIES ANNUELLES

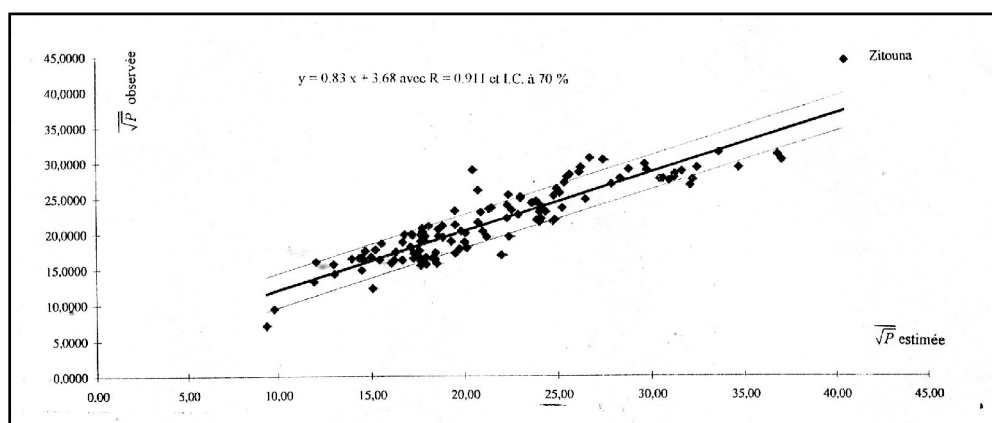
4.1 Pluie-relief : régression multiple pour 120 postes pluviométriques, Coef régression multiple $R = 0.91$

Calcul final des Précipitations annuelles médianes en un point de la grille:

P estimée=

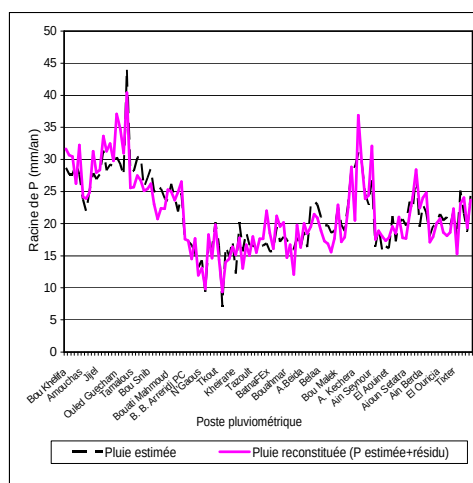
$$((-0,0446 X + 0,1025Y + 0,000057XZ_{\text{liss9}} - 0,00022YZ_{\text{liss9}} - 0,0317Z_{\text{liss9}} - 13,794Z_{\text{liss9}}/Y-550 + 21,31) + \sqrt{\epsilon})^2$$

4.2.- Régression pluie obs-pluie estimée (valeurs en racines carrées)



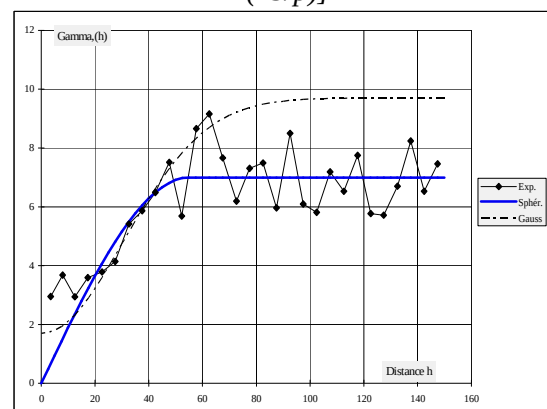
4.3 Résidus de la régression Pobs – Pest

→ Résidus ϵ : $\sqrt{P_{\text{obs}}} - \sqrt{P_{\text{estimée}}}$



→ Variogramme: (modèle sphérique :
portée = 55 Km, palier = 7mm², pépète
nulle à l'origine)

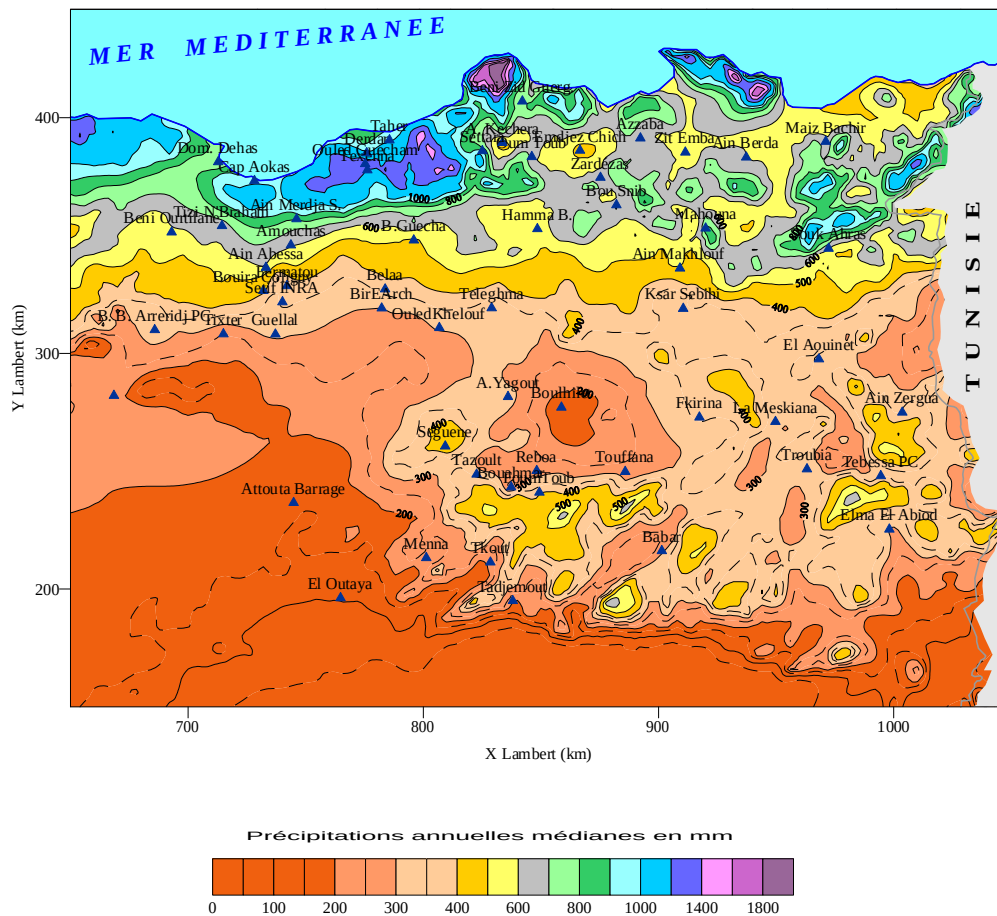
Spherical model: $\gamma(h) = \sigma^2 [(1.5(h/p) - 0.5(h^3/p^3))]$



4.4. Carte d'isohyètes annuelles médianes

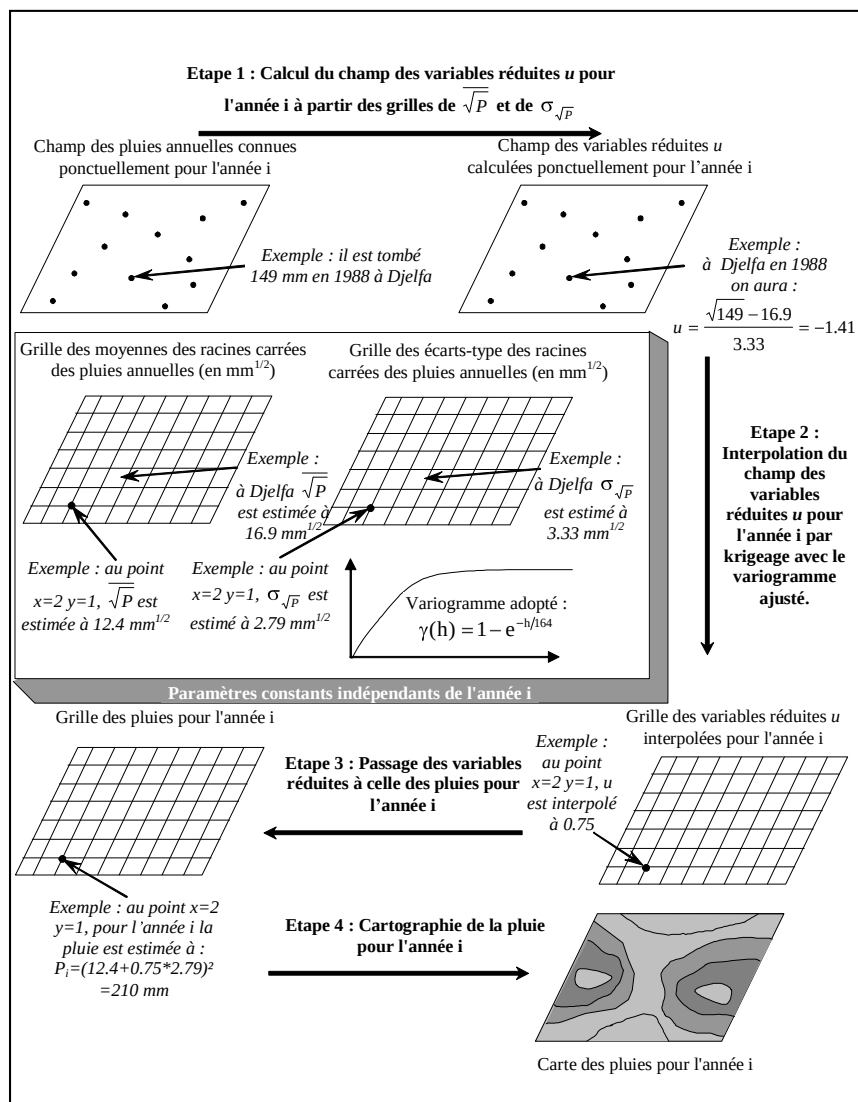
cartographie des isohyètes à partir de la grille finale de P (Grille des P estimées + Grille des résidus)

$$\rightarrow P_{\text{CARTO}} = P_{\text{ÉSTIMÉE}} + \text{RÉSIDU INTERPOLÉ}$$



4.5. De l'année moyenne à l'année particulière

Comment passer de la grille des pluies interannuelles à une grille des pluies pour l'année i afin de représenter le champ pluviométrique d'une année particulière observée ?

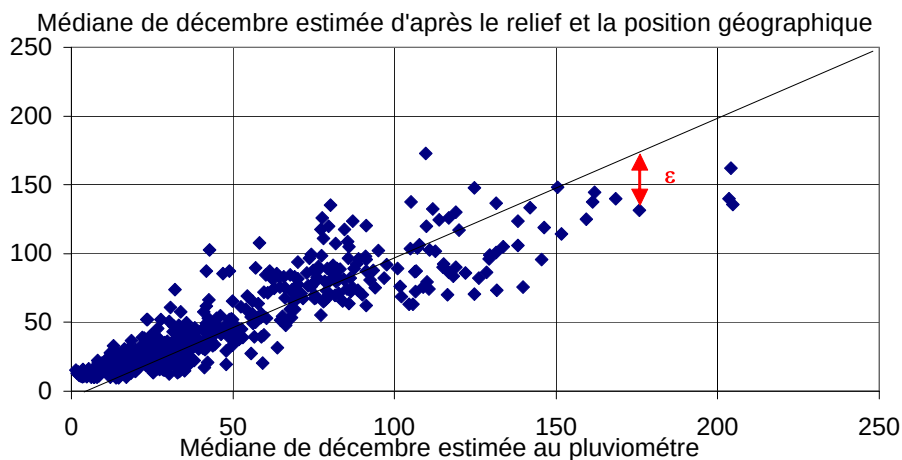


5. CARTOGRAPHIE AU PAS DE TEMPS MENSUEL

5.1 Calcul De La Médiane Des Pluies : RÉGRESSION Pmed ÉLÉMENTS DU RELIEF, INTERPOLATION DES RÉSIDUS ET CARTOGRAPHIE DES Pmed

$$(P_{\text{med}} = \text{carré de moy}(\sqrt{P}))$$

$$P_{\text{med}} = a * \exp d + b * z \exp d + c * Z_{\text{liiss}} + d * x \exp d + e * xz \exp d + Cte + \varepsilon$$



5.2. Cartographie des u : évaluation ponctuelle des variables u et interpolation spatiale

$$u = (\sqrt{P} - \sqrt{P_{\text{méd}}}) / \sigma \sqrt{P}$$

$$\sigma \sqrt{P} \text{ dépendant de } \sqrt{P_{\text{méd}}} = 0.2188 \dots\dots$$

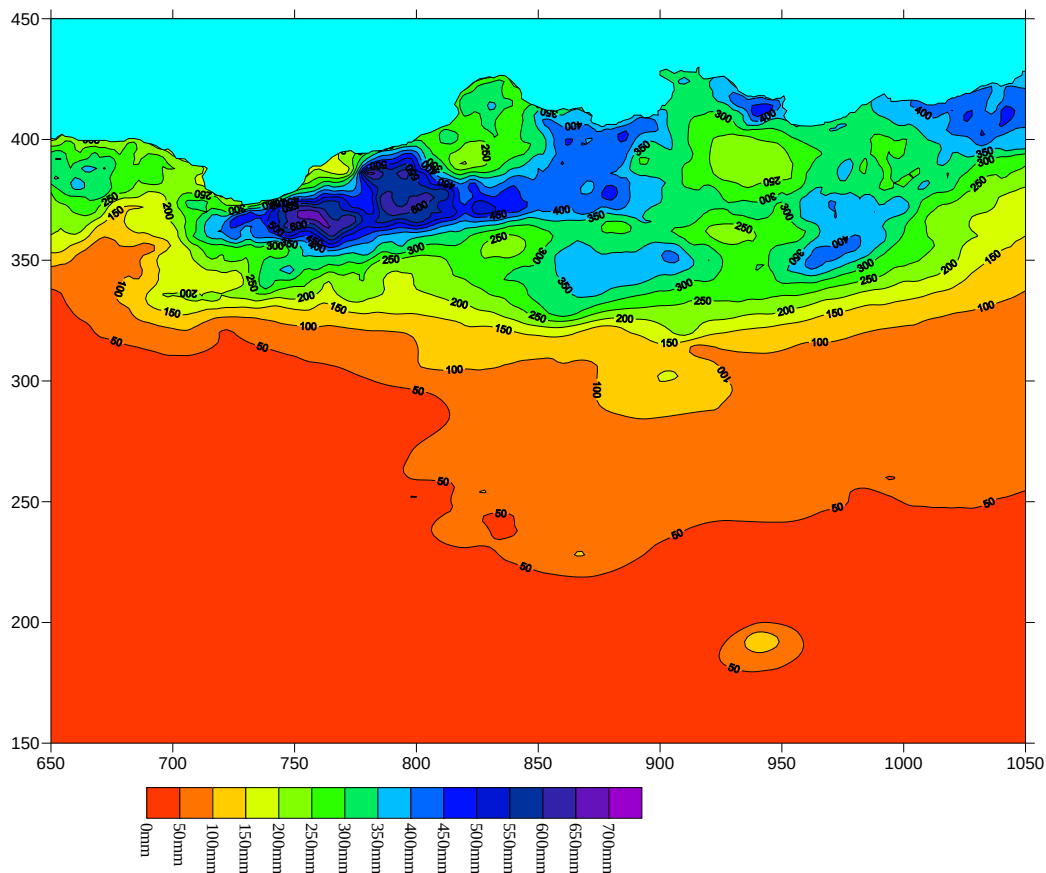
$$u(P) = \frac{\sqrt{P} - \sqrt{P_{\text{méd}}}}{0.2188 \sqrt{P_{\text{méd}}} + 1.5852 (1 - e^{-\sqrt{P}/0.5489})}$$

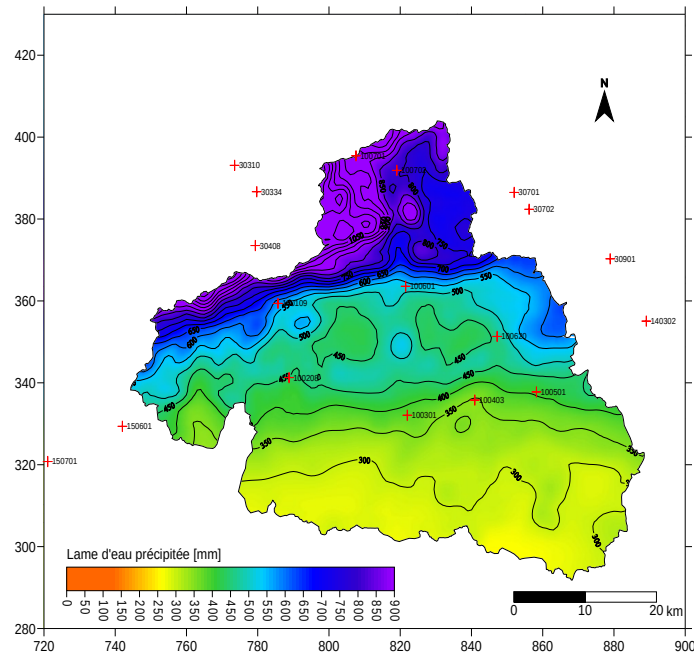
5.3. Cartographie de la pluie mensuelle du mois i

Disposant de la carte des u , il est alors possible de passer à la carte des pluies du mois i :

$$P_{12-94} = \max \left[\sqrt{P} + U * \left\{ 0.2188 \sqrt{P_{\text{méd}}} + 1.5852 (1 - e^{-\sqrt{P}/0.5489}) \right\}; 0 \right]^2$$

Précipitations du mois de décembre 1984 dans l'EST algérien





**Bassin du K. Rhumel à El Ancer : lame précipitée
de l'année 1984/85 = Σ 12 P mensuelles**

6. CARTO. DES PLUIES JOURNALIERES MAX.

6. 1. Principe général

Carte de l'Algérie du Nord dressée sur la base des pluies journalières maximales observées

- Pluies ajustées à une loi de GUMBEL:

$$F(x) = e^{-e^{-u}}, u = \text{variable réduite de Gumbel}$$

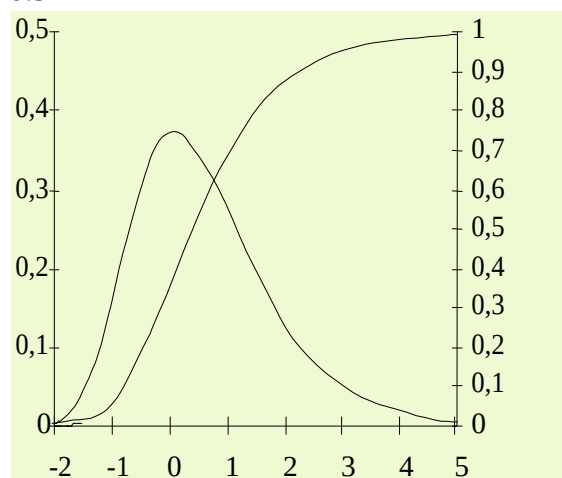
-----> $u = (x - x_0) / g$, $x = PF = u \cdot g + x_0$, pente ou gradex:

$$g = 0,78 \sigma_x$$

$$x_0 = \text{moy}_x - 0,577 g = \text{moy}_x - 0,45 \sigma_x$$

- Dédution des pluies décennales humides $P_{F0.9}$
gradex g

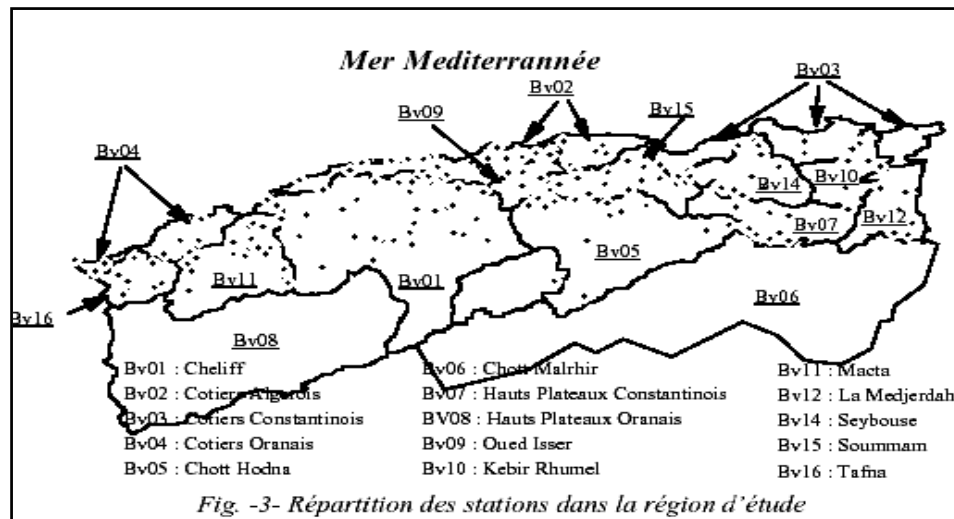
- Pluies PF cartographiées sont celles qui ont chaque année 1 chance sur 10 d'être dépassées
- Le gradex g indiqué pour chaque poste pluviométrique = caractéristique permettant d'évaluer



6. 2. Première tentative de synthèse carto. Algérie N.(Mouhous N,1997)

A/ DONNEES D'OBSERVATION:

- Pjmax de 176 postes pluviométriques
- période d'observation:1969-1993



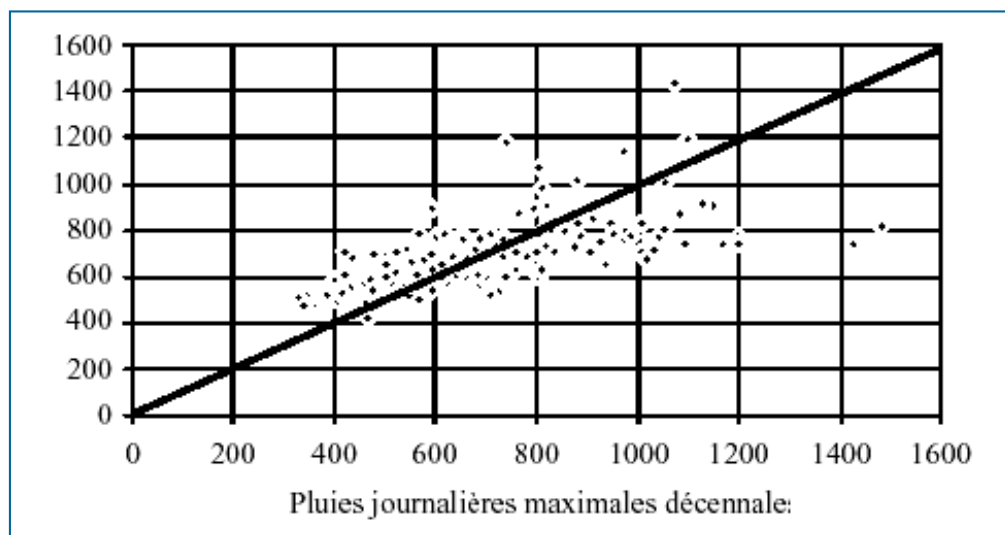
B / ETUDE DE LA RELATION PLUIES MAXIMALES / RELIEF

Les variables retenues :

- l'inverse de la racine carrée de la distance à la mer ($1/D^{0.5}$) (qui explique presque 40% de la variance)
- l'altitude lissée calculée sur un pas de 4 Km (Z04liss) (elle n'explique que 19% de la variance totale)

Le coefficient de corrélation $R = 0.63$

Relation Pjmax10 obs. - Pjmax10 estimées

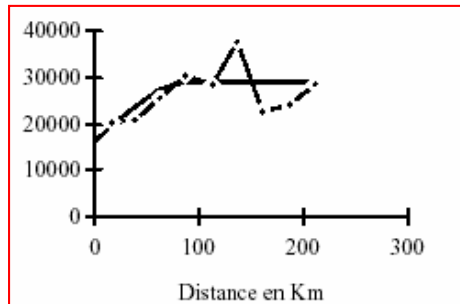


C / ETUDE SPATIALE DES RESIDUS DE REGRESSION DES PLUIES

DECENNALES

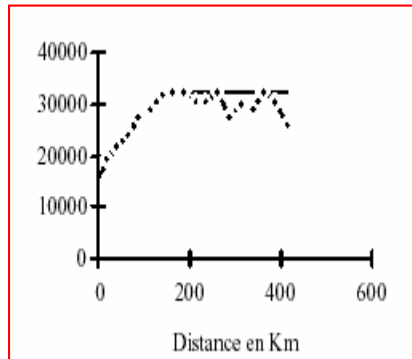
Les variogrammes obtenus sont sphériques avec une portée de 180 Km dans la direction Est-Ouest et de 90 Km dans la direction Nord-Sud.

(Une pépite de 160 mm² représente une incertitude ponctuelle de 8.9 mm sur l'estimation des pluies journalières maximales décennales)



$$\gamma(h) = \begin{cases} 13000 \left[1.5 \frac{h}{90} - 0.5 \left(\frac{h}{90} \right)^3 \right] + 16000 & 0 \leq h \leq 90 \\ 29000 & h > 90 \end{cases}$$

Direction Nord - Sud



$$\gamma(h) = \begin{cases} 16500 \left[1.5 \frac{h}{180} - 0.5 \left(\frac{h}{180} \right)^3 \right] + 16000 & 0 \leq h \leq 180 \\ 32500 & h > 180 \end{cases}$$

Direction Est –Ouest

6.3. Deuxième tentative : cartographie ANRH –GTZ, 2002

Traitement de 394 stations d'Algérie du Nord, Période: 1960/61 à 1998/99

A/ ECHANTILLON DE DONNÉES OBS. DES PJMAX annuelles

station	x	y	z	code	60/61	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
BOU MALEK M.C.	817.2	336.8	805	100401	30	42							24.5	52.2	37.7	40	11.2	27	58.3	60.4		31.4	40.4	55.8
TELERGHMA	829	319.3	820	100402	23.8	29.4									23.5	36.8	38.7	64	18.8	33	61.2	23	49.9	32.6
AIN SEMARA	841.9	335.8	620/60	100403	21	44.7											36.6	27.2	20.4	25.1				
MECHTAT MELHA (N)	822.3	314.3	785	100404																		24		
OULED HAMLA	839.4	315.3	800	100405														21	19.7	28.2	40	19.4		
CONSTANTINE ANF	850.4	344.7	850	100410																				
BIR DRIMIL	835.5	311.1	NT	100411																				
AIN FAKROUN	876.6	305.5	921	100503	15								14	20	35.7	25.7	17.8	16	14.7	13.4	16.1		49.7	

B/ TRAITEMENT DES DONNÉES : PARAMÈTRES STATISTIQUES (LOI DE GUMBEL) ET GÉO-TOPOGRAPHIQUES

➤ Exemple de traitement des données en une station:

Nom	XLNAE	YLNAE	Z	Code	nb	g	xo	P10	Zliss	dmer
BABAR	901.4	216.2	1450	61804	28	11.2	31.3	56.6	1201	190

Code	Médiane	expd	zexpd	Zliss	xexpd	xzexpd
61804	56,57	0,01	10,35	1200,95	7,77	9325,44

Relation entre le paramètre à expliquer et plusieurs paramètres explicatifs:

$$Y = a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_{nv}X_{nv} + Cte + \varepsilon$$

ε : est le résidu de régression (écart entre la variable **Y** observée et **Y*** la variable estimée).

ai : sont les coefficients de régression.

nv: est le nombre de variables explicatives.

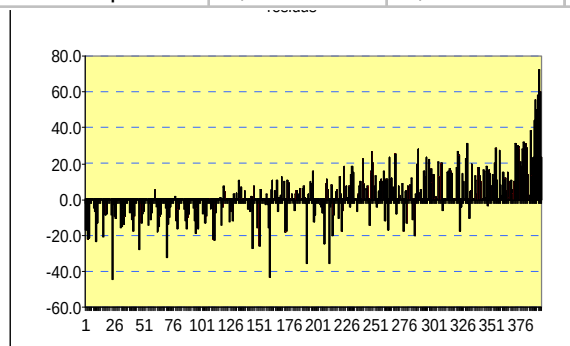
Matrice des corrélations et coefficients de régression Pjmax –facteurs explicatifs du relief

COEF COR. MULTIPLE: R = 0.785

Pjmax10 estimée =

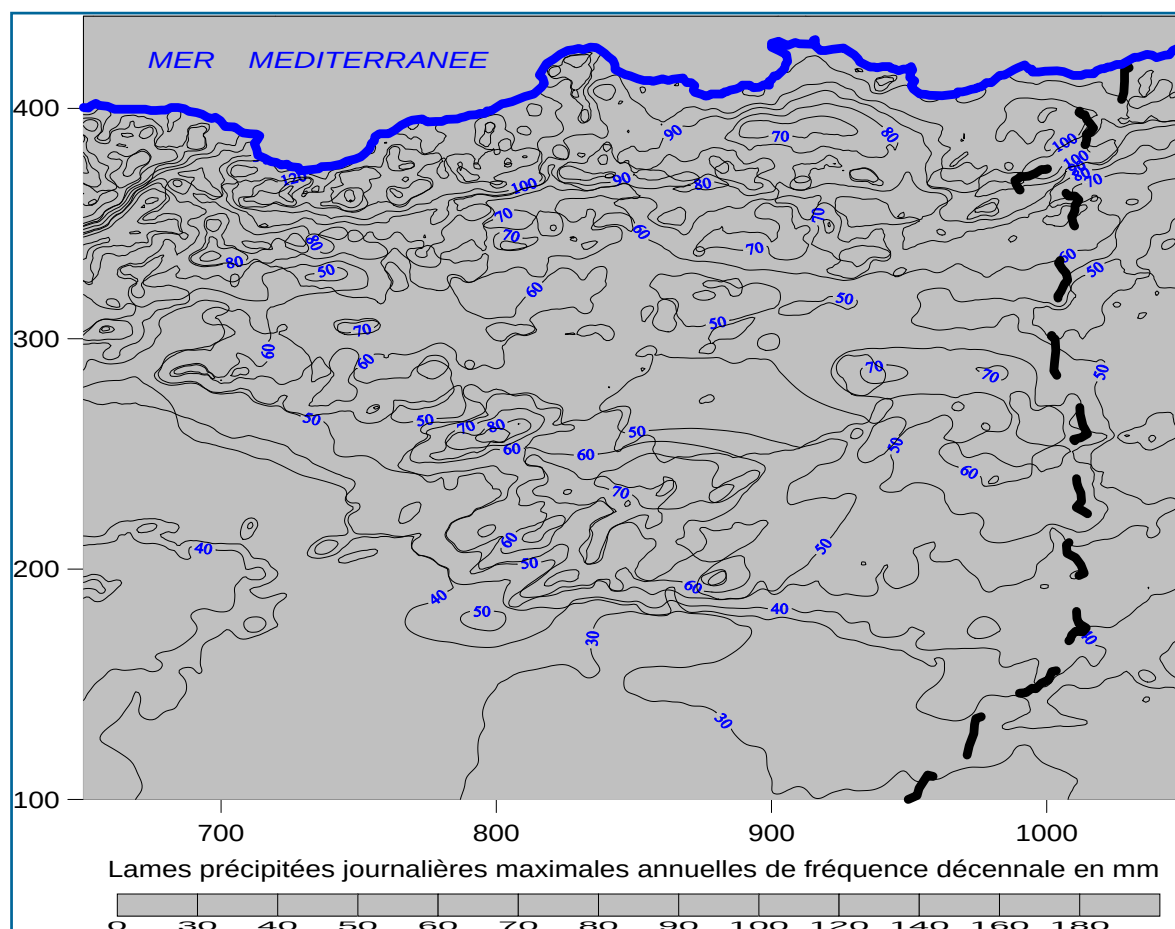
$$24.0807*expd + 0.11249*zexpd + 0.01469*zliss + 0.07349*xexpd - 0.000067*xzexpd + 30,6507$$

Coef. de cor. multiple	R=	0,785125488				
	Médiane	expd	zexpd	Zliss	xexpd	xzexpd
Médiane	1	0,62868404	0,592253585	-0,25955547	0,658768275	0,562340245
expd	0,62868404	1	0,360049501	-0,75200966	0,825428391	0,294114104
zexpd	0,592253585	0,360049501	1	0,049871015	0,335570149	0,854508916
Zliss	-0,25955547	-0,75200966	0,049871015	1	-0,582719678	0,073990016
xexpd	0,658768275	0,825428391	0,335570149	-0,582719678	1	0,490933593
xzexpd	0,562340245	0,294114104	0,854508916	0,073990016	0,490933593	1
Variable	expd	zexpd	Zliss	xexpd	xzexpd	terme constant
Coef. de reg.	24,08072265	0,112490194	1,47E-02	0,073492863	-6,66E-05	30,65073312
Coef. cor. partielle	0,147650698	0,273643644	1,97E-01	0,290740528	-1,00E-01	

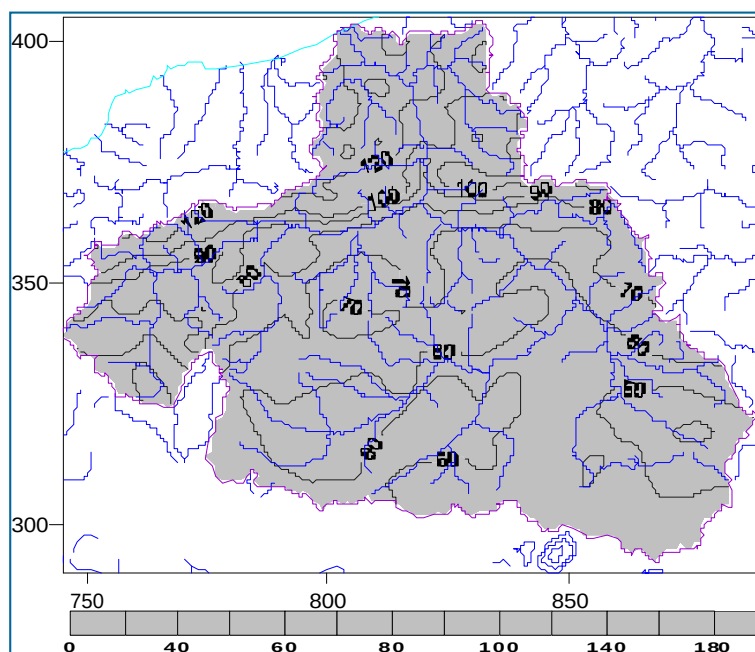


P10est	résidus
34.0	-17.0
47.5	-13.4
51.8	-21.9
49.7	-21.6
49.7	-11.4
93.4	-51.5
53.6	-8.8
38.5	-4.7
40.4	-6.6
58.6	-23.4
47.8	-13.2
64.4	-32.2
49.6	-13.2
47.2	-10.4
58.5	-15.2
49.5	-20.6
46.5	-8.1
47.0	-8.5
48.2	-7.9
44.0	-10.6
56.8	-9.7
39.1	-4.5
46.2	-8.8

D/ CARTOGRAPHIE AUTOMATIQUE DES PJMAX 10 DE L'EST ALGERIEN



Pluies journalières maximales de fréquence décennale du bassin du Kébir-Rhumel



7. CONCLUSIONS

La cartographie des pluies enregistre des progrès considérables : approches de modélisation et moyens de notre temps (télédétection et MNT, géostatistique, outil informatique: traitement des données, logiciel de cartographie automatique de type Surfer...)

Développée à l'échelle annuelle, la cartographie. automatique des pluies montre sa faisabilité à des pas de temps plus courts

L'étude de la structure spatiale des phénomènes physiquement non expliqués est à parfaire de même que la modélisation pluie relief

Quelque soit la performance des modèles et des outils, 2 éléments restent fondamentaux:

- Les données de mesure : fiabilité, représentativité géographique et optimisation des réseaux,
- Connaissance physique des processus climatiques et facteurs géographiques conditionnels.

INTEGRATION DU MNT DANS LES ETUDES HYDROLOGIQUES POUR LA PREDETERMINATION DES CRUES DANS LES BASSINS VERSANTS DES ZONES SEMI-ARIDES

DIF Amar*

*Division de télédétection, CNTS BP 13 Arzew 31200.
adif@usa.com

RESUME

Les méthodes classiques utilisées dans le domaine de l'hydrologie sont fastidieuses et surtout limitées par le caractère figé des résultats (la cartographie manuelle des cartes de pentes, d'exposition, réseau hydrographique, etc.). Ces dernières années avec les progrès enregistrés dans les domaines de l'informatique et dans des Modèles Numériques de Terrain, le recours à des méthodes numériques est devenu un passage obligé, afin de répondre aux exigences en matière d'exploitation des eaux superficielles. C'est dans cette optique que nous avons entamé, par une approche automatique à partir d'un MNT, l'étude hydrologique d'un bassin versant. Cette étude sera appliquée au bassin versant représentatif de la grande sebkha d'Oran qui est celui de l'oued Besbes.

I- Introduction.

Le climat semi-aride est caractérisé par des précipitations à forte intensité et à courte durée, ce qui provoque généralement des pluies torrentielles (écoulement de type hortonien). Dans le cas des bassins versants de ces zones, l'écoulement des eaux superficielles est fonction de la topographie du terrain. Lorsque la réponse hydrologique d'un bassin versant est dominée par des processus d'écoulement de surface, le cheminement de l'eau ou sa vitesse est en bonne partie contrôlé par la topographie. Celle ci devrait donc, constituer une base utile pour la caractérisation hydrologique de la plus part des bassins versants des zones semi-arides.

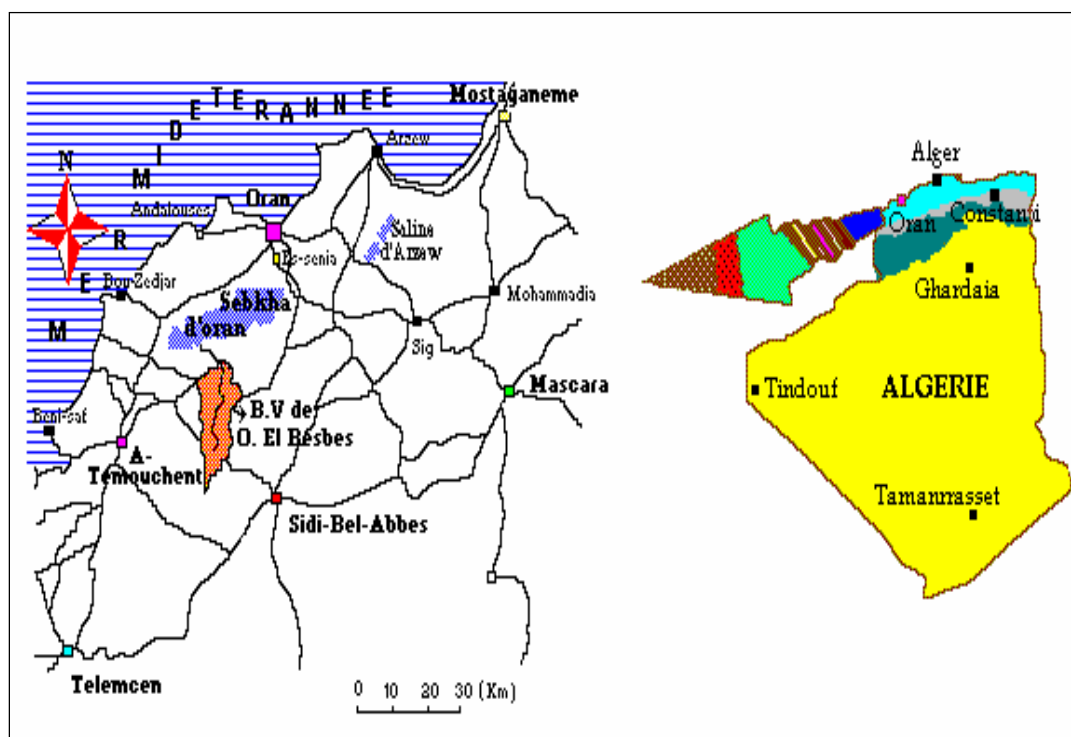


Figure 1: Situation géographique du bassin versant d'Oued Besbes.

L'objectif est donc de produire d'une manière automatique, à partir du MNT, une banque de données cartographiques (atlas numérique) capable de décrire un ensemble de paramètres physiographiques d'un bassin versant, telles que la pente, l'orientation, l'exposition..., afin de les utiliser ultérieurement- par le biais d'un SIG- d'une part dans l'extraction du réseau hydrographique, et d'autre part dans la modélisation des écoulements superficiels,

II. Generation D'un Mnt Hydrologique

L'utilité des MNT dans le domaine hydrologique n'est plus à démontrer. Suite à de nombreuses recherches dans le domaine de la physiographie numérique des bassins versants, plusieurs techniques d'extractions sont nées. Il est à noter que, malgré l'intensification des recherches ces dernières années, plusieurs problèmes critiques persistent encore et cela sont dus en premier lieu aux méthodes d'interpolations utilisées pour l'obtention du MNT, et en second lieu à la qualité et la quantité des produits dérivés acquis lors de traitement du MNT. Les méthodes d'interpolation linéaire, basées sur la recherche de la plus grande pente dans la production des MNT, ont l'inconvénient d'avoir une vision monodirectionnelle des formes de terrain. Elles sont génératrices de nombreux artefacts dans le cas des fonds de vallées et des

crêtes. Le recours aux méthodes non linéaires basées sur le calcul des fonctions Splines cubiques, calculées selon les quatre axes (**C. DEPRAETER, 1995**), ont l'avantage de prendre en compte toutes les formes locales de terrain. Cependant, ces méthodes engendrent des erreurs qui se traduisent par le phénomène d'ondulation « tôle ondulée » et les striations le long de certaines directions.

Pour résoudre le problème des ondulations et des striations créées lors de l'interpolation non linéaire, un ensemble d'options de pondération est introduit afin de minimiser au maximum le critère d'oscillation.

Ces options concernent la prise en compte de l'intervalle entre les courbes de niveaux, de la pondération par la fonction des inverses de distances et d'un algorithme de reconnaissance des formes :

- ♦ L'intervalle des courbes sert à tronquer les oscillations parasites hors de proportion pouvant être générées par les fonctions Splines.
- ♦ La valeur Z la plus probable de l'altitude en un point est égale à la moyenne pondérée par la somme des inverses des distances aux courbes de niveaux.
- ♦ L'utilisation d'un algorithme de reconnaissance des formes avoisinantes du point interpolé (typologie des formes), qui sert à favoriser le calcul des altitudes selon la direction présentant le meilleur étagement au sens morphologique (ligne de plus grande pente, ligne de crête ou de talweg).

Après plusieurs essais, nous avons jugé utile de prendre le MNT qui présente les moindres oscillations parasites des fonctions splines. C'est ce modèle qui sera considéré comme « modèle hydrologique » (figure2).

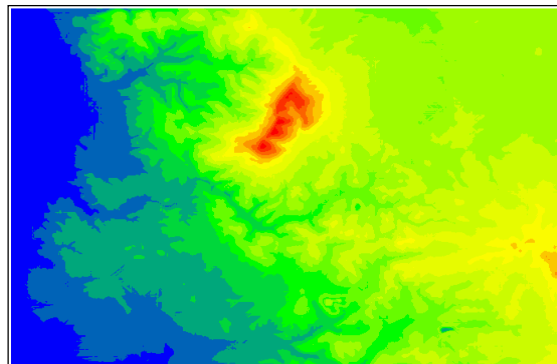


Figure2: Le MNT-hydrologique

III. Elaboration De La Banque De Données Physiographique.

Le MNT est une donnée essentielle de la banque de données spatiales nécessaire à l'estimation numérique de grilles exprimant la pente moyenne, l'orientation, la rugosité du terrain, etc... Ce type d'information est donc fondamental en hydrologie.

Sur le plan thématique, ce sont des cartes numériques comportant différentes informations, dont les données sont issues de la donnée altimétrique dans une représentation planimétrique. Si on tient compte de la nature de l'information, qui peut être qualitative ou quantitative, et de son objet en relation avec les formes de terrain ou aux propriétés du drainage, on distingue quatre grandes caractéristiques physiographiques du terrain (figure 3).

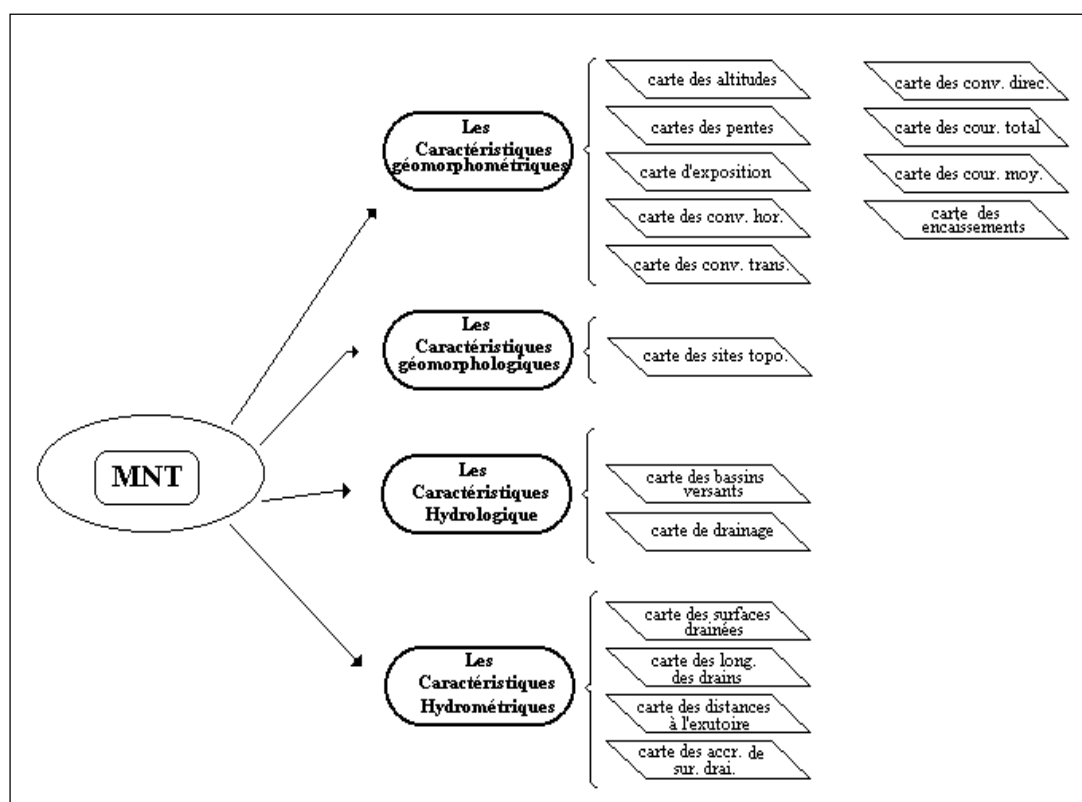


Figure 3: produits dérivés à partir du MNT

IV. L'extraction Du Réseau De Talweg.

Avec l'avènement des techniques de la télédétection « stéréoscopique » (SPOT, ERS, etc...), il est possible de réaliser d'une manière semi-automatique des cartes topographiques à l'échelle de 1/50.000 ème (**ROCHON, 1985**). Le tracé du réseau hydrographique est une des parties manuelles, et son automatiser devrait engendrer des coûts économiques très bas et un gain de temps considérable.

Selon l'information de base utilisée lors de l'extraction automatique du réseau de drainage, on distingue deux grandes méthodes bien distinctes:

□ La méthode spectrale

Cette méthode utilise l'imagerie satellitale comme donnée de base lors du processus d'extraction automatique du réseau.

□ La méthodes topographique

Les informations de base utilisées par cette méthode sont les modèles numériques de terrain (MNT). La littérature scientifique offre actuellement deux grandes familles de méthodes. Les principes de ces méthodes peuvent être décrits comme suit:

1. les méthodes géométriques

La détection du réseau de talwegs repose sur le principe d'étude du voisinage (3*3, 5*5, etc..) de chaque pixel de l'image MNT. La recherche du point talweg est axée sur le pixel central de la fenêtre. Ces méthodes présentent en pratique une grande difficulté de mise en oeuvre, à la fois pour établir un seuil pour la détection et aussi pour les chaîner afin de constituer l'arbre du réseau de talweg.

2. les méthodes dynamiques

Ces méthodes reposent sur le principe physique de l'écoulement naturel, en simulant une pluie très importante sur l'ensemble du MNT. Chaque pixel reçoit ainsi une quantité égale d'eau de pluie. En se référant au choix de la direction du drainage, nous proposons trois approches.

La première approche repose sur le principe de suivi de la plus grande pente. Le suivi des talwegs s'effectue à partir des points particuliers qui sont les cols. L'extraction des lignes de talwegs se fait en deux étapes : La première étape consiste à extraire l'ensemble du réseau en débutant la descente et le suivi de talweg à partir des cols, la seconde est de résoudre les défauts provoqués par les dépressions en forçant le drainage vers le col le plus bas (**BAND, 1986; RIAZANOFF et al., 1988**).

La seconde approche permet d'obtenir l'image du réseau du talweg, en se basant sur le même principe de l'algorithme précédant. La différence essentielle réside dans le suivi des talwegs qui s'effectue à partir de tous les pixels de l'image. En se basant sur le principe que l'eau s'écoule suivant la plus grande pente, on aboutit à une distinction facile des pixels talweg qui seront caractérisés par des hauteurs d'eau plus importantes par rapport à leurs voisinages immédiats (**MARTZ et al., 1988; JENSON et al., 1988**).

La troisième approche a l'avantage de produire un étalement de l'écoulement par rapport aux deux autres méthodes. Elle consiste à déverser l'eau de chaque point dans l'ensemble des voisins situés à une altitude plus basse. Elle a été proposée par plusieurs auteurs (**FREEMAN, 1991; RIGER, 1991**). Elle correspond en effet, à la modélisation d'un régime d'écoulement permanent sur le MNT (**QUINN, 1990**).

Deux problèmes peuvent apparaître lors de l'extraction du réseau de talweg:

- ◆ Une difficulté de calcul de l'écoulement dans chaque maille du MNT ;
- ◆ Une difficulté de seuillage apparaît au niveau des surfaces planes inclinées, qui ont des valeurs supérieures du volume d'eau par rapport aux mailles talwegs

Pour surmonter ces difficultés de détection, un ensemble de solutions est appliqué :

1. Ramener le drainage monodirectionnel donné par le biais de la carte de drainage à un drainage unidirectionnelle, en incrémentant la valeur de chaque nouveau point suivant la ligne de la plus grande pente, donnée par l'intermédiaire de la carte des superficies drainées (surface amont). Cette dernière donne lieu à l'apparition du réseau de talwegs global (sensible aux problèmes des surfaces inclinées).

2. pour résoudre le problème des surfaces planes inclinées, une autre composante aléatoire est appliquée dans le choix de la direction locale. Il s'agit d'un critère géomorphologique donné par le biais de la carte de convexité horizontale (crête et talweg).

En effet, le réseau de talweg peut être détecté en s'appuyant sur la corrélation linéaire observée entre la convexité horizontale (critère morphologique local distinguant crête et talweg) et la surface drainée (critère hydrographique global) jusqu'à un certain seuil de surface drainée (seuil de corrélation linéaire). De cette façon on arrive facilement à distinguer les mailles rivière (écoulement concentré) des mailles versant (écoulement diffus).

La démarche adoptée, pour l'extraction du réseau hydrographique est expliquée dans la figure

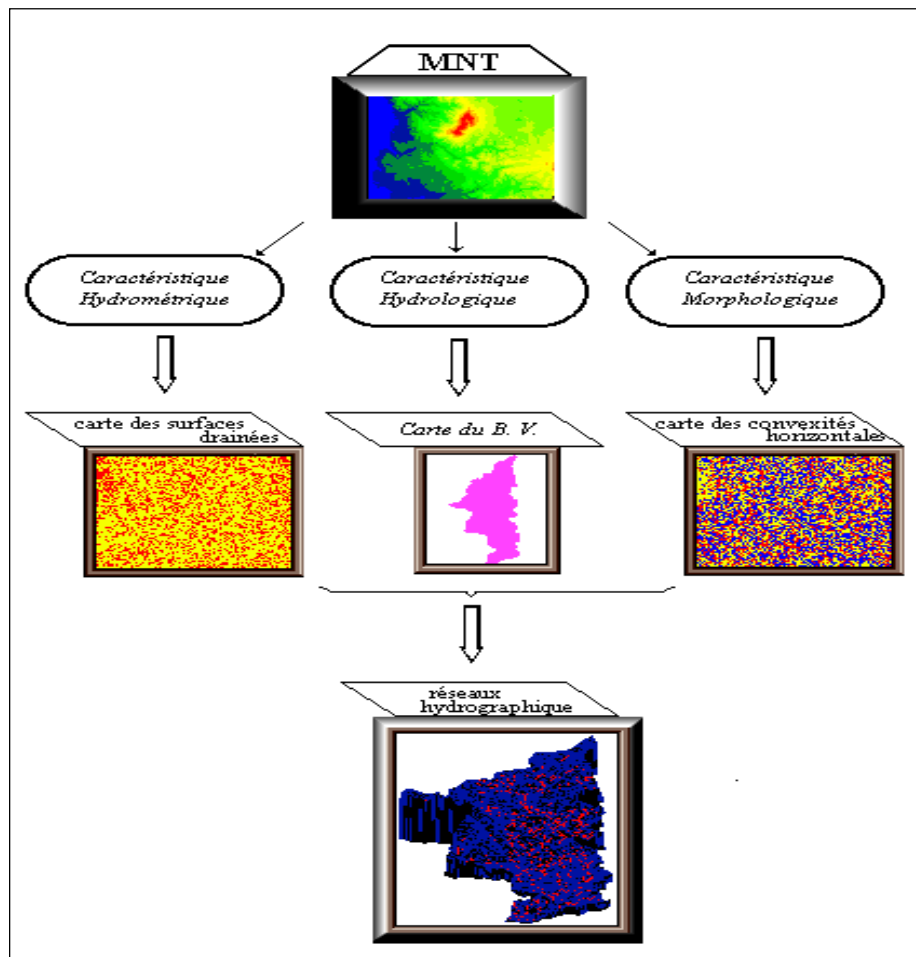


Figure 4: Diagramme adopté pour l'extraction du réseau Hydrographique dans le bassin versant de l'Oued Besbes

La comparaison visuelle du réseau issu du MNT avec celui numérisé à partir de la carte topographique, montre que du point de vue quantitatif, le premier suit l'allure générale du réseau de la carte. Qualitativement parlant, la détection fournit un réseau similaire et cela jusqu'à la valeur hiérarchique de l'ordre de deux (2) (voir figure 5).

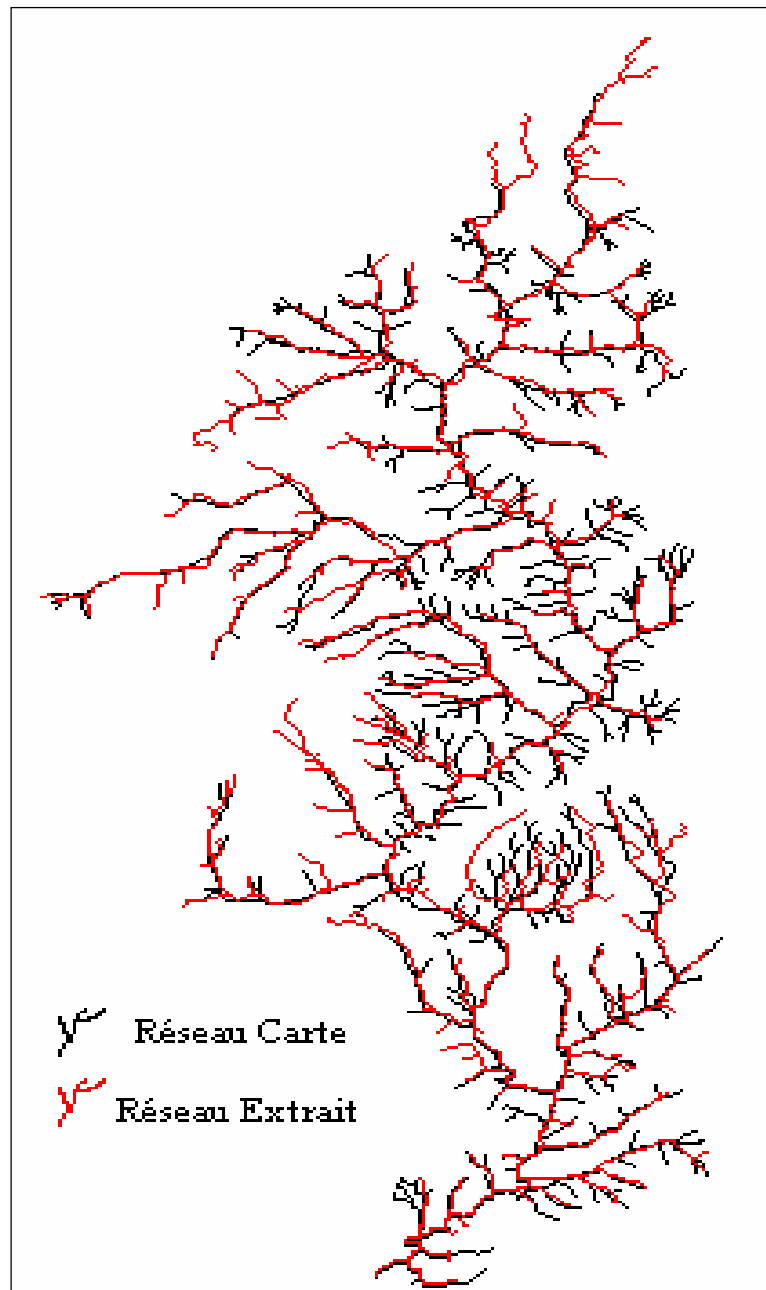


Figure 5: Comparaison entre le réseau détecté et le réseau de la carte.

V. Modélisation Des Eaux Superficielles.

Le transfert en rivière achemine l'eau produit par écoulement à l'exutoire du bassin versant, en tenant compte des productions locales de chaque maille talweg et des échanges avec l'ensemble des mailles talweg (système ouvert). La fonction de transfert considère le réseau de drainage comme une arborescence de réservoirs ou biefs se vidant les uns dans les autres de l'amont vers l'aval suivant une loi de tarissement (décrue) exponentiel.

L'objectif assigné à cette étude est donc de générer à partir des produits dérivés du MNT, deux paramètres hydrologique (temps de réponse et le débit de crue spécifique) capables de décrire un hydrogramme triangulaire. L'organigramme adopté pour la modélisation est illustré par la figure 6:

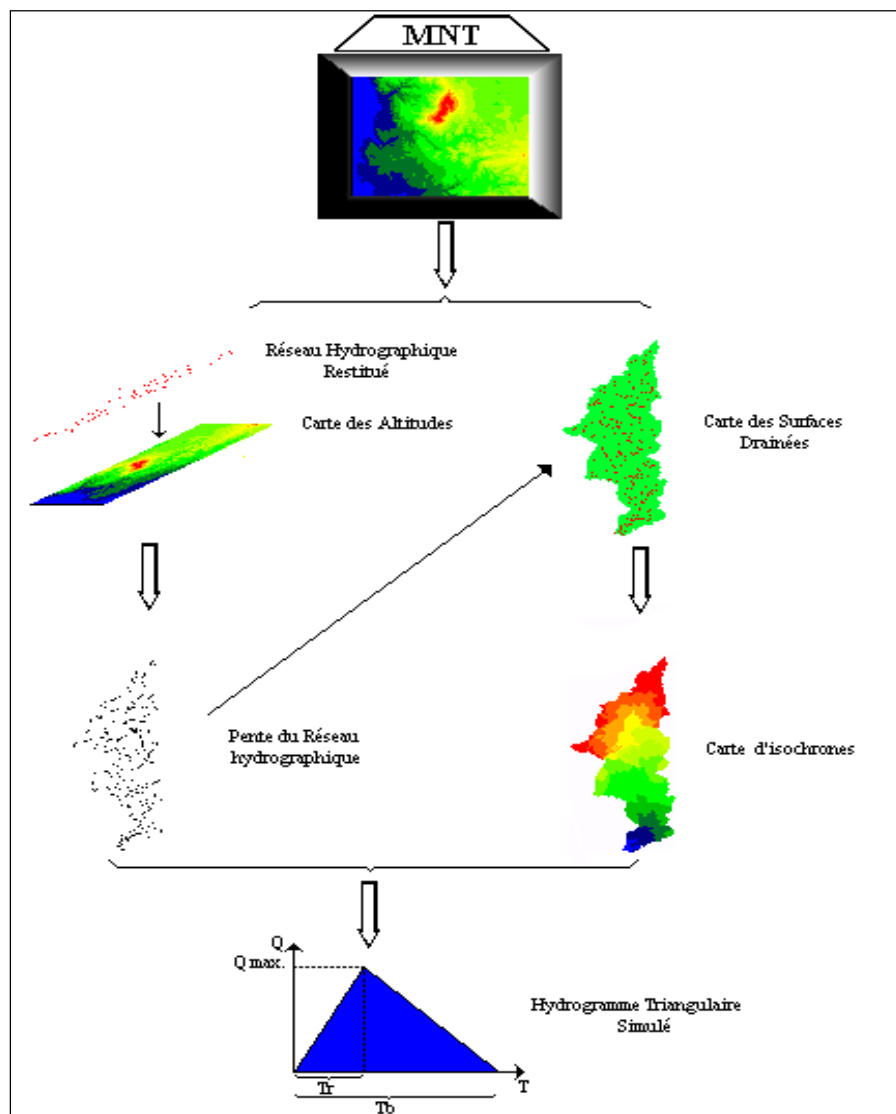


Figure 6: Organigramme adopté pour la modélisation des écoulements superficiels dans le bassin versant de l'Oued Besbes

La comparaison, entre les résultats de la simulation et ceux déterminés à partir des données prélevées au niveau du bassin versant considéré, donne des résultats similaires. L'application de cette méthode peut au moins servir dans la prédétermination des crues de nos régions (figure 7).

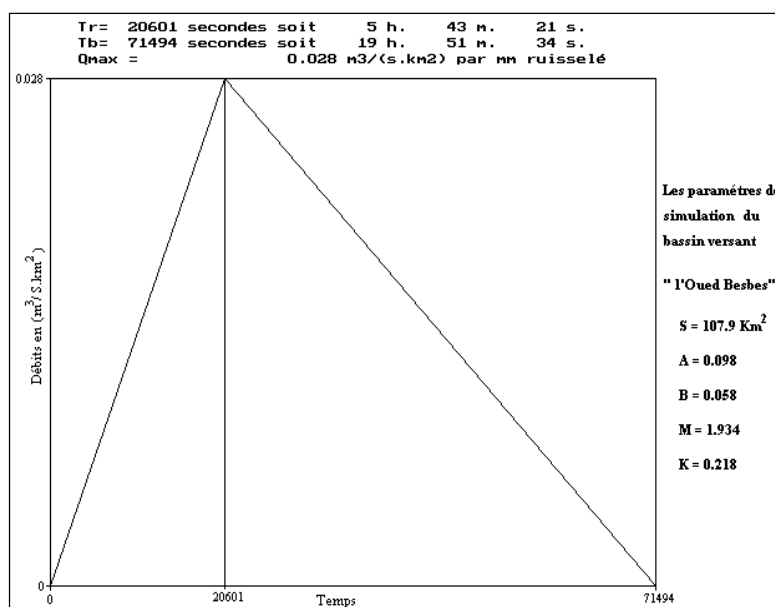


Figure 7: Hydrogramme triangulaire simulé du bassin versant de l'Oued Besbes

VI. CONCLUSION

La modélisation appliquée, dans notre zone d'étude, a l'avantage d'être peu gourmande en terme de données, car elle n'utilise qu'une seule: l'altimétrie. A partir de celle-ci on peut estimer sans aucune ambiguïté deux paramètres hydrodynamiques d'un bassin versant: le débit de crue spécifique et le temps de réponse, qui peuvent tracer l'allure d'une réponse impulsionnelle donnée par un hydrogramme triangulaire.

La manipulation de la banque des données physiographiques issue d'un MNT, a donné deux grandeurs assimilables à un débit de crue spécifique et un temps de réponse du bassin versant de l'Oued Besbes. Les résultats simulés comparés aux prélèvements au niveau de la station de jaugeage sont positifs. Ceci ne peut qu'encourager l'utilisation d'une telle modélisation, qui sert à la compréhension du comportement d'un bassin versant en un temps record. Cette modélisation trouve son application dans plusieurs domaines, en particulier dans le cas de la prédétermination des débits de crue sans aucune périodicité dans les bassins «non jaugeables». Ceci est le cas pratiquement de l'ensemble des bassins versants algériens.

BIBLIOGRAPHIE

- BENMOUFFOK, D. (1993).«Conception d'un Modèle Physiographique de Bassin Versant à partir de Modèle Numérique d'Altitude» Thèse de doctorat. Université du Québec. INRS -eau 149 P.
- BURROUGH, P.A. (1986). «Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment.» Oxford Univ. Press – Monographs on Soil and Resources Survey. N°12, 193 P.
- CHIKH, M. (1995). «Modélisation Hydrologique Maillée d'un Bassin Topographique à l'Aide d'un Système d'Information Géographique.» Thèse Magister. CNTS. 108 P.
- DEPRAETERE, C. (1984) «Etudes Géomorphométriques Comparatives en Afrique du Sud : Applications Hydrologiques et Géomorphologiques.»Thèse 3 ème Cycle en Géographie Université de Paris-Sorbonne, Paris 4.
- DEPRAETERE, C. (1986). «Rapport d'Activité N° : 2.» I.G.N Saint Mondé Paris. 47 P
- DEPRAETERE, C. (1989a) «Le Relief Aussi s'Informatise.» ORSTOM Actualités. N°24, pp.15-17.
- DEPRAETERE, C. (1989b) «Notice OVNIh du laboratoire d'hydrologie.» LAMONT : Logiciel d'Application des Modèles Numériques de Terrain. ORSTOM , Montpellier. 38 P
- DEPRAETERE, C. (1995) «logiciel DEMIURGE 2 3.-Chaîne de production et de traitement de Modèles Numérique de Terrain Appliquée à l'Hydrologie.», ORSTOM, Montpellier. 151 P
- ROCHON, G. (1985). «Cartographie Topographique à l'Aide d'Images des Satellites.» Asso. Québ. De Téléd., Téléd. Et Gest. Des Ress. : l'aspect opérationnel. Vol. 5, pp. 367-380.
- BAND, L.E. (1986). «Topographic Partition of Watersheds With Digital Elevation Models.» Wat. Res. Rese. .Vol. 22, n°1, pp. 15-24.
- RIAZANOFF, S., CERVELLE, B. and CHOROWICZ, J. (1988). «Ridge and Valley Line Extraction From Digital Terrain Models.» Int. Jour. Remote Sensing. Vol. 9, n°6, pp. 1175-1183.
- MARTS, L. et DE JONG, E. (1991) «Catch: A Fortran Program for measuring Catchment Area from Digital Elevation Models.» Computers and Geosciences, Vol. 14, pp. 627-640.

APPROCHE STATISTIQUE DE L'INFLUENCE DES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES BASSINS VERSANTS SUR LES DEBITS AUX EXUTOIRES

BENNEDJAI. N* & MENANI. M. R.*

*Laboratoire des Risques Naturels et d'Aménagement du Territoire
Département des Sciences de la Terre- Université de Batna.
Menani-redha@lycos.com

RESUME :

Les écoulements aux exutoires des bassins sont à l'évidence tributaires de l'importance des précipitations et de leur intensité. Néanmoins, d'autres facteurs interviennent et influent à différents degrés sur les débits. Il s'agit des caractéristiques physiques des bassins (superficie, forme, densité de drainage,...).

A précipitations égales, voir à intensité d'averses égales, les réponses des bassins vont différer en fonction de ces caractéristiques.

Le présent travail vise à rechercher les relations pouvant lier l'écoulement à ces paramètres à travers des corrélations simples et multiples. La base de données concerne des bassins versants algériens, sur une période s'étalant de 1986 à 1993.

L'objectif recherché est de cerner les éléments physiques des bassins susceptibles de faire l'objet d'aménagements ou de mesure de protection, afin de limiter leur incidence sur les écoulements.

1 –INTRODUCTION

La corrélation entre débits et pluies se traduit graphiquement par une dispersion assez forte des points d'observations, ce qui mène à penser que la pluviométrie n'est pas le seul paramètre qui caractérise le débit à l'exutoire d'un bassin versant. En effet, d'autres facteurs jouent un rôle, individuel ou par interaction avec d'autres éléments, et conditionnent l'écoulement de surface tels que les caractéristiques physiques du bassin (superficie, forme, pente, densité de drainage,...), la lithologie (perméabilité), le couvert végétal, la température (évaporation).

Le but de ce travail est de rechercher les corrélations simples et multiples qui lient les débits aux exutoires des bassins aux précipitations et aux facteurs physiques et morphométriques de ces bassins.

En se basant sur les données des annuaires hydrologiques de l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) qui couvrent des bassins versants d'Algérie pour la période 1986-1993, et après une étape de traitement de ces données qui a permis de ne retenir que 23 bassins, on a essayé de faire ressortir par le biais de corrélations l'influence des paramètres géométriques et morphométriques sur les débits aux exutoires de ces bassins.

Les corrélations simples et multiples effectuées sur ces 23 bassins versants ont permis de faire ressortir que certaines caractéristiques géométriques et morphométriques sont explicatives de la variance des débits à des seuils significatifs.

2 – LES DONNEES

Les annuaires de l'ANRH auxquels il est fait référence contiennent les relevés de 61 stations hydrométriques qui sont classées par grandes régions hydrographiques.

Après traitement des données couvrant la période 1986-1993 et ayant laissé apparaître des lacunes très importantes impossible à combler, seuls 27 bassins ont été retenus sur un total de 61.

Les 27 bassins retenus appartiennent à des zones différentes (Cheliff 4, Côtiers algérois 3, Hauts plateaux constantinois 3, Côtiers constantinois 3, Oranais 1, Hodna 1, Soummam 3, Isser 2, Macta 1, Seybouse 2, Tafna 4.

Les données pluviométriques de 52 stations ont été utilisées, y compris avec comblement de lacunes, pour aboutir à une approche de la pluviométrie moyenne annuelle et interannuelle sur une période de 8 années (1986/93). La tendance de variation interannuelle de la pluviométrie pour l'ensemble des stations est la même avec cependant de grands écarts par rapport à la moyenne (moy : 437.5 mm, min : 213 et un max de 761.1 mm). La variation interannuelle des débits enregistre une tendance de variation semblable à celle de la pluviométrie (Q moy 1.137 m³/s, min : 0.075 et Q max : 5.920 m³/s), néanmoins 20 bassins ont des débits moyens interannuels au dessous de la moyenne.

3 – LES CORRELATIONS

3.1 – Les corrélations simples

3.1.1– Les corrélations Débits-Pluies

Les corrélations débits-pluies moyennes interannuelles sont traduites par une corrélation linéaire relativement bonne de coefficient de régression $r = 0.689$. Cependant, la forme du nuage de points plaide pour une corrélation non linéaire, la transformation des variables (log et exponentielles) a permis de constater que l'ajustement exponentiel donnait la meilleure corrélation (Fig. 1) :

o Equation : $Q = 0.031 e^{0.007P}$

o $r = 0.753$ (coefficient de corrélation) indiquant une bonne corrélation.

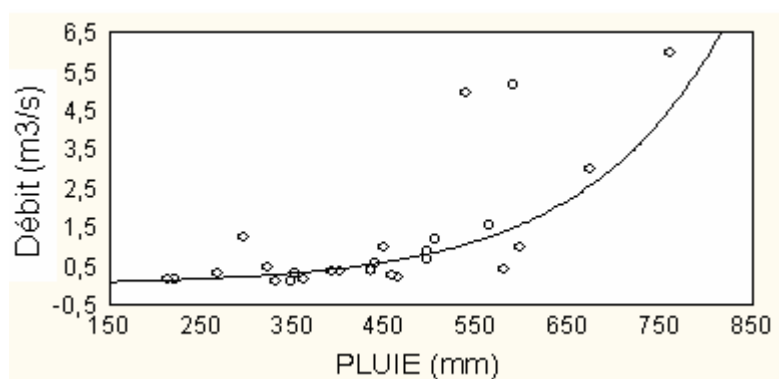


Fig. 1 - Ajustement exponentiel de la relation Débit-pluie

3.1.2 – Corrélations débits interannuels – caractéristiques physiques

Les corrélations simples effectuées entre les débits interannuels des 27 bassins versants et leurs caractéristiques physiques ont permis d'aboutir aux résultats suivants (tableau 1) :

Tableau 1 - Corrélations débits interannuels – caractéristiques physiques

Caractéristique	Corrélation	Coeff. Corrélation	Meilleure régression		Variance expliquée
			Forme	Expression	
Pluie	Q-P	0.689	exponentielle	$Q=0.031e^{0.007p}$	56.7%
	LnQ-P	0.753			
	LnQ-LnP	0.709			
Surface	Q-A	0.558	Puissance	$Q=6.226 A^{0.753}$	38.4%
	LnQ-A	0.551			
	LnQ-LnA	0.620			
Périmètre	Q-Pér	0.592	Puissance	$Q= 7.274.10^{-4} Pér^{1.494}$	41.2%
	LnQ-Pér	0.630			
	LnQ-LnPér	0.642			
Altitude moyenne	Q-Hmoy	-0.413	Linéaire	$Q=-0.002Hmoy+2.682$	17.0%
	LnQ-Hmoy	-0.351			
	LnQ-	-0.373			
	LnHmoy				
Indice de compacité	Q-Kc	0.246	Puissance	$Q = 0.127 Kc^{7.906}$	17.6%
	LnQ-Kc	0.411			
	LnQ-LnKc	0.420			
Longueur Thalweg principal	Q-Lt	0.501	Puissance	$Q = 0.01 Lt^{1.074}$	35.2%
	LnQ-Lt	0.543			
	LnQ-LnLt	0.593			
Temps de Concentration	Q-Tc	0.612	Linéaire	$Q = 0.194Tc - 0.764$	37.4%
	LnQ-Tc	0.602			
	LnQ-LnTc	0.595			

Chacune de ces caractéristiques explique une certaine proportion de la variance du débit.

Dans cette première étape, on remarque l'existence de points atypiques qui semblent influencer les valeurs des corrélations. Cependant, il n'existe pas de méthode universelle qui permet de supprimer automatiquement les points aberrants. Certains chercheurs utilisent des

méthodes quantitatives pour exclure les points aberrants, par exemple les valeurs sortant de l'intervalle : ± 1.5 à 2δ (δ : écart type) autour de la moyenne du groupe (Fries et Hunter, 80).

Selon cette approche, les valeurs qu'on peut classer comme étant atypiques sont celles qui correspondent aux grandes valeurs de débit (5.11-5.92 - 4.95 et 2.98 m³/s).

3.2 – Les corrélations multiples

Sur la base des données concernant 23 bassins seulement, les points atypiques ayant été écartés, nous avons effectué une régression multiple incrémentielle ascendante.

La variable est introduite dans la droite de régression quand la valeur du coefficient de corrélation partielle du débit avec cette variable, compte tenu des autres, est significative au seuil de 5% (Scherrer, 84 ; Legendre, 98). S'il y a plus de deux variables explicatives, l'équation est celle d'un hyperplan à ρ dimensions (la $\rho^{\text{ème}}$ variable est la variable dépendante

$$: Y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_jx_j + \dots + a_{\rho-1}x_{\rho-1} + b$$

Le calcul des coefficients de régression se base sur un système de $\rho-1$ équations à $\rho-1$ inconnues qui permet dans un premier temps d'obtenir les coefficients de régression centrés réduits $a_1', a_2', \dots, a_j', \dots, a_{\rho-1}'$. Les valeurs des coefficients de régression partiels originaux $a_1, a_2, \dots, a_j, \dots, a_{\rho-1}$ sont ensuite obtenus par multiplication par le rapport des écarts-type de la variable dépendante et de la variable explicative considérée.

Comme en régression linéaire simple, on mesure la variance expliquée par la régression à l'aide du coefficient de détermination multiple R^2 (Scherrer, 84) :

$$R^2 = \sum_{j=1}^{\rho-1} a_j' r_{j\rho}$$

3.2.1 - les tests d'hypothèse en régression multiple

La régression multiple est soumise aux mêmes contraintes que la régression linéaire simple en ce qui concerne la distribution (normale) des variables, l'équivariance et l'indépendance des résidus.

L'étude de l'inférence en régression multiple s'appuie sur l'examen des principaux tests statistiques effectués sur la signification de la régression dans son ensemble ainsi que sur les paramètres du modèle pour ne retenir que les variables explicatives qui ont un effet significatif (Delannee et Saada, 1999).

La signification du modèle dans son ensemble peut être testée par un coefficient F à $(p - 1)$ et $(n - p)$ degrés de liberté. Les hypothèses du test sont les suivantes :

H_0 : la variable Y est linéairement indépendante des variables X_j ;

H_1 : la variable Y est linéairement liée à au moins une des variables X_j .

L'expression de la variable auxiliaire F est basée sur le coefficient de détermination (Scherrer, 1984) :

$$F = R^2 (N - p) / (1 - R^2) (p - 1) , \text{ où :}$$

- R^2 : coefficient de détermination multiple ;
- N : Taille de l'échantillon ;
- p : nombre de variables plus une, c'est-à-dire le nombre de paramètres de l'équation : coefficients de régression plus l'ordonnée à l'origine.

Au seuil de signification α , ou seuil de confiance $100 (1 - \alpha) \%$, le test permet d'accepter H_0 si $F_{\text{calculé}} < F_{\text{critique}}$; F critique étant tiré de la table de Fisher-Snedecor.

D'après Boccard (2002), lorsque plusieurs variables explicatives sont fortement corrélées entre elles ($r = 0.8$ et plus), elles sont redondantes et donnent la même information. En ce sens, intégrer de telles variables dans l'équation de la régression multiple n'est pas seulement contestable en termes de pertinence des résultats, mais les estimations obtenues (coefficients de régression) peuvent devenir de moins en moins fiables.

Pour les 23 bassins versants étudiés, la force des liaisons qui existent entre les variables explicatives a été définie par une matrice de corrélations simples entre les variables pluvio-géo-morphométriques.

Au terme de ces corrélations, sont retenues comme variables explicatives du débit les paramètres suivants : Le coefficient de torrentialité C_t , la pluie P , le périmètre $P_{\text{ér}}$ (choisi comme variable indicatrice des autres variables qui lui sont fortement corrélées : A , L_t et T_c),

l'altitude moyenne (indicatrice de Hmax et de Hmin), l'indice de compacité Kc, la longueur du rectangle équivalent Lr, l'indice de pente Ip et la densité de drainage Dd.

Les étapes de la régression multiple incrémentielle ascendante sont reportées sur la figure 2.

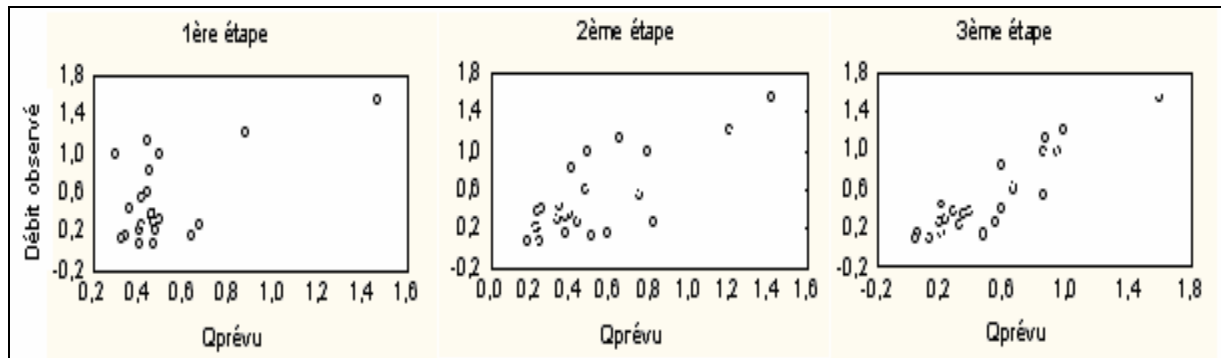


Fig. 2 – Débit prévu par Débit observé (corrélation Q-P-Characteristiques physiques).

Les tests de signification sont concluants, et les trois variables Coefficient de torrentialité Ct, le périmètre Pér et la pluie expliquent 82.6 % de la variance du débit selon l'équation suivante :

$$Q = 0.008 Ct + 0.005 Pér + 0.002 P - 0.898 \quad \text{avec} \quad r = 0.909 \quad \text{et} \quad R^2 = 0.826$$

Les coefficients de corrélation des variables restantes (Hmoy, Kc, Lr, Ip et Dd) sont tous en dessous de la valeur critique ($r = 0.413$) et sont par conséquent considérés comme non significatifs.

4 – CONCLUSION

Au terme de corrélations, par régressions simples et multiples qui sont basées sur des données couvrant 23 bassins algériens retenus au terme d'un traitement sur un total de 61 bassins, et pour une période Pluies-débits s'échelonnant de 1986 à 1993, il a été mis en évidence les fortes liaisons à des seuils significatifs liant le débit à l'exutoire d'un bassin versant et les caractéristiques physiques de ce bassin.

En plus de la pluie qui est une variable évidemment explicative du débit, celui-ci est fortement corrélé au périmètre et au coefficient de torrentialité. La combinaison de ces trois paramètres explique environ 83 % de la variance du débit. Il faut noter que la variable « périmètre » reflète en fait également l'influence de la superficie, de la longueur du thalweg principal et du temps de concentration.

BIBLIOGRAPHIE

- ANRH – (1986-1993).** – Annuaire hydrologiques de l'Algérie, Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Alger.
- Bennedjai, N.** – Etude de l'influence des paramètres physiques et morphométriques sur les débits à l'exutoire des bassins versants. Mem. Magister en Hydraulique, Dept Hydraulique, Univ. Batna, 2004, 206 p.
- Boccard, D. (2002).**- Régression et corrélations multiples et partielle. Université de Montréal, Québec.
- Delannée, D et Saada, F. (1999).**- Les obligations à haut rendement en Europe : analyse des niveaux de prime à l'émission, mémoire de troisième cycle, Rennes.
- Fries, R. A. et Hunter, W. G. (1980).**- Minimum aberration 2(Kp) designs. Technometrics, 22, 601-608.
- Fisher, R. A. et Yates, F. (1938).**- Statistical tables for biological, agricultural and medical research, Oliver and Boyd, London.
- Légendre, P. et Legendre, L. (1998).** Numerical ecology, Elsevier, Amsterdam.
- Serra, B. G. (1979).**- Cours d'hydrologie
- Scherrer, B. (1984).**- Biostatistiques. Ed. Gaetan Morin, Boucherville, Québec, 850 p.

RECOMMANDATIONS

DES JOURNEES d'Etudes EURO - MEDITERRANEENNES

SUR LES RISQUES NATURELS : INONDATION, PREVISION, PROTECTION

BATNA (ALGERIE) 15-16 DECEMBRE 2004.



A l'occasion des Journées Euro- Méditerranéennes, organisées par le Centre de Recherche scientifique et Technique sur les Régions Arides (C.R.S.T.R.A.) en collaboration avec l'Université de Batna et le Réseau Euro- Méditerranéen des Centres spécialisés de l'Accord EUR-OPA Risques Majeurs du Conseil de l'Europe, les participants (voir en annexe la liste des participants) sont convenus des recommandations suivantes :

Préambule :

En Algérie le risque « Inondation » s'est traduit par des pertes humaines, patrimoniales et environnementales dues au climat, à la nature du sol et à une organisation de l'espace non conforme aux aptitudes réelles du milieu dans sa composante naturelle et humaine. Ses causes sont bien souvent communes à l'ensemble des pays du bassin méditerranéen.

Sur la base des communications présentées et des débats qui ont suivi un consensus s'est dégagé sur les axes suivants pour lesquels des efforts doivent être entrepris :

A cet effet il est prévu d'engager dans les plus brefs délais les actions suivantes :

1- Formation dans le domaine de **la sécurité environnementale** : **ingénieurs, inspecteurs, chercheurs etc....** proposition à déposer dans le cadre de l'appel d'offre « Tempus » (Mesures complémentaires et structurelles) date limite de dépôt du dossier : 15 février 2005. Responsable : F.Khammar

2- Contribution au programme de recherche et développement GMES (Surveillance Globale de l'Environnement et de la Sécurité) engagé par la Commission Européenne et l'Agence Spatiale Européenne en particulier à partir de l'imagerie spatiale ALSAT 1 et le futur ALSAT 2 etc....

3- Préparation de prototype de sensibilisation des populations à la prévention des risques d'inondations (conscience du risque) et d'outils d'aide à la décision dans le domaine de la gestion de ce risque d'inondation au service de la Wilaya de Batna (Algérie), responsable : M. Kalla (Laboratoire des Risques naturels et Aménagement du Territoire)-Université de Batna.

Liste des personnes invitées aux journées de Batna

Nom Et Prénom	Fonction	Institution
KHAMMAR. F	Directrice générale	CRSTRA. Biskra
	Le Directeur	Institut national d'Hygiène et de Sécurité de la Wilaya de Batna
	Le Recteur	Université de Batna.
	Monsieur le Wali	W. Batna
	Président	APW de batna
	Président	APC de Batna
	Le vis Recteur	Université de Batna.
	Directeur	Environnement de la Wilaya de Batna
	Directeur	Hydraulique de la Wilaya de Batna. DHW.
BENAAOUZ	Professeur	U. Constantine. Directeur de recherche au CRSTRA CRSTRA
MEDDI	Chargé de cours	U. Biskra. Conseillé de la Directrice du CRSTRA
MASSUIE.	Réseau EUR-OPa- Risques majeurs	FER. France
LESCURE	Réseau EUR-OPA- Risques majeurs	DDE. France
SAIDI .A	Chargé d'études et de synthèse	au Ministère des Ressources en eau
MEREH. Z	Directeur d'études	Ministère des ressources en eau
KALA. M. M	Enseignant- chercheur	laboratoire LRNAT. U. BATNA
MENANI. M. R	Enseignant- chercheur	Laboratoire LRNAT. U. BATNA
NEMILI. Z	Enseignant- chercheur	Laboratoire LRNAT U. M'SILA
BENNEDJAI. N	Enseignant- chercheur	U. BATNA
AKAKBA. A	Enseignant- chercheur	U. BATNA
DJEGUAR .A	Maître assistant	Département des sciences de la Terre, Université de Batna
BOUANIK. s	Directeur général	Agence du bassin hydrographique Constantine ABH. Constantine
BENHLOULI .L	Ingénieur en chef	Chef de service Etudes et Prévisions ANRH. Alger
LAHLAH .S	Ingénieur Hydrologue	Chef de section ANRH. Alger
BERKANI .A	Directeur	Unité Béni Haroun Agence Nationale des Barrages ANB
NEKAKAA .S	Chef D'échelon Est	ANB
LEMANAA A	Chef d'exploitation	Barrage Béni Haroun ANB
NEHLA .N	Chef d'exploitation	Barrage Koudiet Medaour ANB
AYACHE .K	Chef d'exploitation	Barrage Hammam Grouz ANB
HOUGLAOUNE. M	Chef d'exploitation	ANB
CHIKH .M	Chercheur	Centre National des Techniques Spatiales CNTS. Arzew
YOUSFI .D	Chercheur	CNTS. Arzew
KEBIR LACENE WAHIB	Chercheur	CNTS. Arzew
DIF AMAR	Chercheur	CNTS. Arzew

OUSSEDIK	Directeur	Agence spatiale Algérienne ASAL. Alger
FRITAH. L	Directeur	ONA. Constantine
ACHOUR BACHIR	Directeur	Laboratoire de Recherche LARHYSS Université de Biskra
CHIKH .A	Directeur	Hydraulique de Khenchla DHW Khenchla
BOUALI. M	Chef de service	DHW Khenchla
HANECHÉ .K	Chef de service	Assainissement DHW de Khenchla
	Directeur	de la DHW de Tiaret
GOURINE .A	Ingénieur agronome	DSA Laghouat
LAHAR .A	Ingénieur agronome	DSA Laghouat
CEMALI .N	Post-graduant	Faculté des sciences de la Terre, de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire. Université de Constantine.
SENOUCI .S	Post-graduant	Faculté des sciences de la Terre, de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire. Université de Constantine.
ZEBIRI .A	Enseignant - chercheur.	Faculté des Sciences de Terre, de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire. Université de Constantine
SIDI .S	Université de Constantine	Laboratoire de Géomorphologie. Faculté des sciences de la terre, de la Géographie et de l'aménagement du territoire. Université de Constantine
CHABOUR .N	Chef de Département.	Géologie Université de Constantine
MEBARKI .A	Enseignant - chercheur.	Faculté des sciences de la terre, de la Géographie et de l'aménagement du territoire. Université de Constantine
KASSIR .A	Enseignant - chercheur.	Université de Constantine
AMIRECHÉ .H	Enseignant - chercheur.	Laboratoire d'Aménagement du Territoire L.A.T Université de Constantine
LOUAMRI .A	Enseignant - chercheur.	Laboratoire d'Aménagement du Territoire L.A.T Université de Constantine
NEMMOUCHI .A	Enseignant - chercheur.	Laboratoire d'Aménagement du Territoire L.A.T Université de Constantine
MEZHOUD. L	Etudiante en Post graduation Milieu Physique.	Université de Constantine
KHIARI .A	Maître de conférence en sciences géologiques et minéralogiques.	Laboratoire des ressources naturelles et aménagement des milieux Sensibles. Centre universitaire Oum El Bouaghi.
GUENIFI .D	LT/Colonel, directeur	Protection Civile de la Wilaya de Skikda

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.